



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RUSUNAWA 5 LANTAI DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

CAMILLA SARAH NARAPUTRI

NRP. 3114 030 097

CLAUDIA TRANGKARTIKA

NRP. 3114 030 106

**DOSEN PEMBIMBING :
RIDHO BAYU AJI, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730710 199802 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

**PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RUSUNAWA 5 LANTAI DI
SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM)**

CAMILLA SARAH NARAPUTRI

NRP. 3114 030 097

CLAUDIA TRANGKARTIKA

NRP. 3114 030 106

**DOSEN PEMBIMBING :
RIDHO BAYU AJI, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730710 199802 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



THE FINAL PROJECT - RC145501

**CALCULATION OF STRUCTURE 5 STORY FLATS BUILDING IN
SURABAYA USING INTERMEDIATE MOMENT FRAME BEARERS
SYSTEM (SRPMM)**

CAMILLA SARAH NARAPUTRI

NRP. 3114 030 097

CLAUDIA TRANGKARTIKA

NRP. 3114 030 106

SUPERVISOR :

RIDHO BAYU AJI, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19730710 199802 1 002

**DIPLOMA III OF CIVIL ENGINEERING
INFRASTRUCTURE CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RUSUNAWA 5
LANTAI DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

TUGAS AKHIR TERAPAN

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar ahli madya teknik pada**

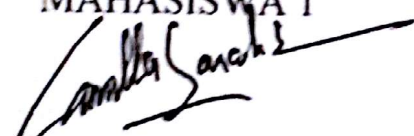
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Disusun oleh:

MAHASISWA 1


CAMILLA SARAH N.

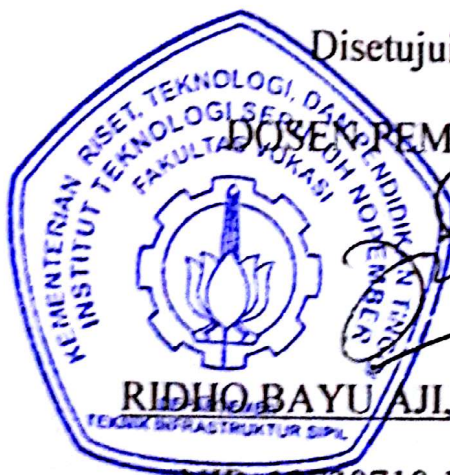
NRP. 3114 030 097

MAHASISWA 2


CLAUDIA T.

NRP. 3114 030 106

Disetujui oleh:



DOSEN PEMBIMBING

26 JUL 2017

RIDHO BAYU AJI, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19730710 199802 1 002



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 14 Juli 2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Struktur Gedung Rusunawa 5 Lantai di Surabaya dan Metode Pelaksanaan pada Elemen Balok		
Nama Mahasiswa 1	Camilla Sarah N.	NRP	3114030097
Nama Mahasiswa 2	Claudia Trangkartika	NRP	3114030106
Dosen Pembimbing 1	Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
	Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002
- fungsi & gaya pada sloof, apakah perlu tumpuan horis / tumpuan?	
	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003
- memperjelas SRMM & definisi & SN1 - disempurnakan kesimpulan : perhitungan volume b. asal per portal - istilah & metode pelaksanaan disempurnakan - tabel BBS dicantumkan (di elap) + diperjelas beterngannya - abstrak disempurnakan - gambar pelat, tumpuan, tiang, sloof, disederhanakan point & label	
	Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001
- perlu klarifikasi & penjelasan judul PA ; metode pelaksanaan lebih dikhususkan atau lebih ditampilkan - gambar balok & notasi ukuran, notasi sengkang - disempurnakan beton gempa sesuai kaitan & standar - grafik respon spektrum dicantumkan & laporan - check momen di pelat tumpuan.	
	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002	NIP -



B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 CAMILLA SARAH M. 2 CLAUDIA TRANDEKARTIKA
NRP : 1 3114030087 2 3114030106
Judul Tugas Akhir : MODIFIKASI STRUKTUR BUDUNG RULINAWA 5 LANTAI
 DI SURABAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN BALOK

Dosen Pembimbing : RIDHO BAYU AJI, ST., MT., Ph.D.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	16 Februari 2017	- Prelim ikut desain asli				
		- Buat denah beban				
		- Beban plumbung dilihat di		B	C	K
		plumbung yg dipakai		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	7 Maret 2017	- Buat di A3 denah pembebanan.				
		Bikin pake warna ² gitu. Asal perhitungannya				
		harus jelas. Detailkan.		B	C	K
		- Beban plumbung hitung saja.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Bata asistensi, gambar siprin semua.				
		- Punya logbook.				
		- Logbook sama time scheduling harus		B	C	K
		ganjeng.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tiap minggu progres harus 6.25%				
7	15 Maret 2017	- Untuk Denah pembebanan dibuat				
		masing-masing. Misal Beban hidup		B	C	K
		sempit di tandai.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Minggu depan mencocokkan sap				
		dengan manual.				
		- plumbung hitung lagi bata pipa dalam keadaan		B	C	K
		air penuh.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Berat listrik dihitung lagi.				

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 CAMILLA SARAH N

: 1 3114030097

: MODIFIKASI STRUKTUR BEDONG RUSUNAWA 5 LANTAI
 DI SURABAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA
 ELEMEN BALOK

: 2 CLAUDIA TRANSKARTIKA

: 2 3114030006

Dosen Pembimbing

: RIDHO BAYU AJI, ST, MT, Ph.D.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
8	7 April 2017	- Pelajari koef. momen plat.				
		- Pelajari fy tul. ulir / polas untuk plat ?		B	C	K
		- Selesaikan permodelan struktur serta input		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	19 April 2017	- Pastikan / selaraskan SAP apakah sudah benar? ($ZU=0$)		B	C	K
		(kesesuaian harus 0%) sesuaikan dgn. denah pembebanan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cross diperbaiki.				
				B	C	K
10	8 Mei 2017	- Plat selesaikan, tangga juga.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Gempa pada kolom dilihat momen				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	24 Mei 2017	- Coba naikan f_c' jadi 30 MPa				
		kalo banyak merubah tetap 30 MPa		B	C	K
		- Lengkapi gambar detail selengkapnya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

**PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RUSUNAWA 5
LANTAI DI SURABAYA DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

Mahasiswa 1 : Camilla Sarah Naraputri

3114030097

Mahasiswa 2 : Claudia Trangkartika

3114030106

Dosen Pembimbing : Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D.

19730710 199802 1 002

Jurusan : Diploma III Teknik Insfrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi – ITS

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini penyusun mengambil objek gedung Rusunawa 5 lantai yang terletak di Surabaya. Pengambilan tema ini dimaksudkan agar dapat membantu masyarakat memenuhi kebutuhan tempat tinggal mereka. Bangunan gedung ini terdiri dari 5 lantai dengan tinggi 18,47 m. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test gedung ini akan didirikan di atas tanah kondisi sedang (kelas situs SD) dan termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) C. Oleh karena itu, maka perhitungan gedung ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Perencanaan beban gempa menggunakan Peta Gempa Indonesia 2010 dengan probabilitas 10% dalam 50 tahun

menggunakan metode statik ekivalen sesuai SNI 1726:2012. Perhitungan pembebanan sesuai SNI 1727:2013 dan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847:2013. Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan komponen struktur pada bangunan atas meliputi struktur primer dengan material beton bertulang pada balok dan kolom dan struktur sekunder dengan material beton pada pelat dan tangga.

Dari hasil perhitungan ini, didapatkan dimensi 60/60 cm untuk kolom tipe I dan 40/40 cm untuk kolom tipe II. Untuk balok akan digunakan dimensi 40/60 cm untuk balok induk dan 25/40 cm untuk balok anak. Untuk dimensi plat akan digunakan tebal 12 cm untuk lantai dan 10 cm untuk atap. Didapatkan volume tulangan sebesar 35608,26 kg dengan rasio kubikasi portal memanjang 168,11 kg/m³ dan portal melintang 165,49 kg/m³. Untuk metode pelaksanaan akan dilaksanakan pada elemen balok yang berawal dari pemasangan bekisting, penulangan, pengecoran dan terakhir dilakukan pembongkaran bekisting balok.

Kata kunci : Bangunan gedung, Sistem rangka pemikul momen menengah , Statik Ekivalen

***CALCULATION OF STRUCTURE 5 STORY FLATS
BUILDING IN SURABAYA USING INTERMEDIATE
MOMENT FRAME BEARERS SYSTEM (SRPMM)***

Student 1 : Camilla Sarah Naraputri

3114030097

Student 2 : Claudia Trangkartika

3114030106

Supervisor : Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D.

19730710 199802 1 002

***Department :Diploma III Civil Infrastructure Engineering
Faculty of Vocation – ITS***

ABSTRACT

In this final project, authors make Flats building located at Gunung Anyar Surabaya as an objects. This theme was picked to help peoples fullfil the needs of living residences. This building has 5 story with 18.47 meters height. Based on Standart Penetration Test, this building would built in medium soil condition and in Seismic Design Category C. This final project discuss about calculation of structure using Intermediate Moment Frame Bearers System (SRPMM).

Earthquake loads design using 2010 Indonesian Earthquake Map with 10% probability in 50 years using equivalent static method referring to SNI 1726:2012. Loads design referring to SNI 1727:2013 and structural concrete requirements referring to SNI 2847:2013. The calculation including primary concrete structure at beams and columns, then secondary concrete structure at floor plate and stairs. Earthquake calculation using equivalent static methods.

Based on calculation process, obtained 60/60 cm dimension of type I column and 40/40 cm of type II column. For beams, 40/60 cm for B1 beam and 25/40 for B2 beam. Floor plate dimension using 12cm thickness and 10cm for roof plate. Bars volume 35608,26 kg with cubication ratio for longitudinal portal 168,11 kg/m³ and 165,49 kg/m³ transversal portal. For implementation method of beams element start from formworks, cubication, moulding and unloading formworks.

Keywords : Building, Intermediate Moment Frame Bearers System, static equivalent

KATA PENGANTAR

Pertama-tama kami ucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmatNya penyusunan Laporan Tugas Akhir Terapan dapat terselesaikan dengan judul “Perhitungan Struktur Gedung Rusunawa 5 Lantai di Surabaya dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ”.

Tersusunnya Laporan tugas akhir terapan ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua kami juga saudara-saudara kami yang tiada henti memberikan banyak dukungan moril maupun materi terutama doa dan semangatnya.
2. Bapak Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing kami yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.
3. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian proposal tugas akhir terapan yang tidak mampu disampaikan satu per satu, kami ucapkan terima kasih.

Menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna, maka kami ucapkan mohon maaf jika ada kekurangan dalam penyusunan.

Demikian yang dapat kami sampaikan, terima kasih.

Surabaya, 7 Juli 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ketentuan Perencanaan Pembebanan	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen	5
2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	6
2.2.1.1 Persyaratan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.....	7
2.2.1.1.1 Persyaratan Balok pada SRPMM	8
2.2.1.1.2 Persyaratan Kolom pada SRPMM.....	9
2.2.1.1.3 Hubungan Balok dan Kolom pada SRPMM	9
2.3 Pembebanan	10
2.3.1 Beban Mati	10
2.3.2 Beban Hidup.....	10
2.3.3 Beban Angin.....	11
2.3.4 Beban Gempa	23
2.4 Metode Pelaksanaan pada Elemen Balok.....	32
2.4.1 Pekerjaan Bekisting.....	33
2.4.2 Pekerjaan Pembesian.....	35
2.4.2.1 Kait standar.....	36
2.4.2.2 Panjang Penyaluran	37
2.4.3 Pekerjaan Pengecoran	42

2.4.4	Pekerjaan Perawatan.....	43
2.4.5	Pekerjaan Pembongkaran Bekisting	43
BAB III METODOLOGI		45
3.1	Pengumpulan Data.....	45
3.2	Preliminary Desain	46
3.2.1	Dimensi Plat	46
3.2.2	Dimensi Sloof dan Balok	51
3.2.3	Dimensi kolom	51
3.3	Perhitungan Pembebanan	51
3.3.1	Beban Mati	51
3.3.2	Beban Hidup.....	52
3.3.3	Beban Angin.....	53
3.3.4	Beban Gempa	53
3.3.5	Analisa Gaya Dalam.....	53
3.4	Perhitungan Struktur.....	53
3.4.1.	Struktur Sekunder (Plat)	53
3.4.2.	Struktur Primer	56
3.4.2.1	Struktur Primer Sloof.....	56
3.4.2.2	Struktur Primer Balok.....	56
3.4.2.3	Struktur Primer Kolom	62
3.5	Analisa Data Metode Pelaksanaan pada pekerjaan balok.....	67
3.6	Gambar Rencana	67
3.7	Flowchart	68
3.7.1	Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan	68
3.7.2	Flowchart Pelat.....	70
3.7.3	Flowchart Tangga.....	72
3.7.4	Flowchart Balok	74
3.7.5	Flowchart Kolom.....	79
3.7.6	Flowchart Metode Pelaksanaan Balok	82
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		85
4.1	Perencanaan Desain Struktur Beton	85
4.1.1	Pelat Lantai	85
4.1.2	Pelat Tangga	90
4.1.3	Balok Induk	92
4.1.4	Balok Anak	93

4.1.5 Balok Anak Balkon	93
4.1.6 Sloof	94
4.1.7 Sloof	95
4.1.8 Kolom.....	96
4.1.9 Kolom.....	98
4.2 Perhitungan Pembebanan	99
4.2.1 Pembebanan Pelat	99
4.2.2 Pembebanan Tangga	100
4.2.3 Pembebanan Dinding	101
4.2.4 Beban Air Hujan	102
4.2.5 Beban Angin.....	102
4.2.6 Beban Gempa	109
4.3 Perhitungan Struktur.....	175
4.3.1 Perhitungan Struktur Sekunder	175
4.3.1.1 Perhitungan Pelat.....	175
4.3.1.1.1 Pelat Atap	175
4.3.1.1.2 Pelat Lantai.....	188
4.3.1.1.3 Pelat Lantai Wiremesh	201
4.3.1.1.4 Pelat Lantai Tangga.....	214
4.3.1.1.5 Pelat Lantai Bordes.....	221
4.3.2 Perhitungan Struktur Primer.....	224
4.3.2.1 Perhitungan Balok	224
4.3.2.2 Perhitungan Sloof.....	301
4.3.2.3 Perhitungan Kolom	340
4.4 Perhitungan Volume Penulangan	373
4.4.1 Perhitungan Volume Penulangan Balok.....	373
4.5 Metode Pelaksanaan	383
4.5.1 Pekerjaan Bekisting.....	383
4.5.2 Pekerjaan Pembesian.....	388
4.5.3 Pekerjaan Pengecoran	390
4.5.4 Pekerjaan Perawatan	391
4.5.5 Pekerjaan Pembongkaran bekisting.....	392
BAB V PENUTUP	395
5.1 Kesimpulan	395
5.2 Saran.....	401

DAFTAR PUSTAKA.....403

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya geser rencana pada balok untuk SRPMM8	
Gambar 2.2 Gaya geser rencana pada kolom untuk SRPMM	
.....	8
Gambar 2.3 Koefisien Tekanan Eksternal (C_p)	21
Gambar 2.4 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik (S_s) di batuan dasar (S_B) untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun.....	25
Gambar 2.5 Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 Detik (S_1) di batuan dasar (S_B) untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun.....	25
Gambar 2.6 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar	37
Gambar 3.1 . Gaya Lintang pada Balok Akibat Beban Gravitasi Terfaktor	59
Gambar 3.2 Faktor Panjang Efektif (k)	63
Gambar 3.3 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor	65
Gambar 3.4 Flowchart perencanaan struktur bangunan.....	70
Gambar 3.5 Flowchart Pelat Lantai.....	71
Gambar 3.6 Flowchart pelat tangga	73
Gambar 3.7. Flowchart Torsi	75
Gambar 3.8 Flowchart lentur balok.....	77
Gambar 3.9 Flowchart geser Balok.....	78
Gambar 3.10 Flowchart kolom lentur	80
Gambar 3.11 Flowchart geser Kolom	81
Gambar 3.12 Flowchart metode pelaksanaan balok.....	83
Gambar 4.1 Pelat yang ditinjau	85

Gambar 4.2 Balok T	86
Gambar 4.3 Balok T	88
Gambar 4.4 Sketsa tangga.....	90
Gambar 4.5 Balok yang ditinjau	92
Gambar 4.6 Balok anak yang ditinjau.....	93
Gambar 4.7 Balok yang ditinjau	94
Gambar 4.8 Sloof yang ditinjau	95
Gambar 4.9 Sloof yang ditinjau	96
Gambar 4.10 Kolom yang ditinjau.....	97
Gambar 4.11 Kolom yang ditinjau.....	98
Gambar 4.12 Peta Zonasi Gempa Indonesia, Ss	138
Gambar 4.13 Peta Zonasi Gempa Indonesia,S1	139
Gambar 4.13a Diagram Respon Spektrum	152
Gambar 4.14 sketsa tangga	215
Gambar 4.15 Denah balok yang ditinjau pada lantai 1, tipe balok B1	224
Gambar 4.16 Hasil output SAP 2000 gaya torsi	226
Gambar 4.17 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok	226
Gambar 4.18 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan	226
Gambar 4.19 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri	226
Gambar 4.20 Hasil output SAP 2000 momen geser balok	227
Gambar 4.21 Kebutuhan tulangan tumpuan balok induk .	250
Gambar 4.22.Kebutuhan tulangan lapangan balok induk .	250
Gambar 4.23 Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM ..	252
Gambar 4.24 Denah balok anak yang ditinjau	262

Gambar 4.25 Hasil ouput SAP 2000 gaya torsi	264
Gambar 4.26 Hasil ouput SAP 2000 momen lapangan balok	264
Gambar 4.27 Hasil ouput SAP 2000 momen tumpuan kanan balok	264
Gambar 4.28 Hasil ouput SAP 2000 momen tumpuan kiri balok	265
Gambar 4.29 Hasil ouput SAP 2000 gaya geser muka balok	265
Gambar 4.30 Hasil ouput SAP 2000 gaya geser muka balok	265
Gambar 4.31 Kebutuhan tulangan tumpuan balok anak ..	288
Gambar 4.32 Kebutuhan tulangan lapangan balok anak..	289
Gambar 4.33 Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM..	291
Gambar 4.34 Denah balok yang ditinjau pada lantai 1, tipe balok sloof	302
Gambar 4.35 Hasil output SAP 2000 gaya torsi	303
Gambar 4.36 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok	303
Gambar 4.37 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan	304
Gambar 4.38 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri	304
Gambar 4.39 Hasil output SAP 2000 momen geser balok	304
Gambar 4.40 Kebutuhan tulangan tumpuan sloof 1	327
Gambar 4.41 Kebutuhan tulangan lapangan balok induk	327
Gambar 4.42 Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM..	329

Gambar 4.43 Hasil output SAP 2000 momen aksial kolom	341
Gambar 4.44 Hasil output SAP 2000 momen aksial kolom	341
Gambar 4.45 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	342
Gambar 4.46 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	342
Gambar 4.47 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	342
Gambar 4.48 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	342
Gambar 4.49 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	343
Gambar 4.50 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	343
Gambar 4.51 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	343
Gambar 4.52 Hasil output SAP 2000 momen kolom.....	343
Gambar 4.53 Grafik alignment	348
Gambar 4.54 Diagram Interaksi Penulangan	352
Gambar 4.55 Diagram Interaksi Penulangan	359
Gambar 4.56 Detail penulangan.....	364
Gambar 4.57 Hasil output pcaColoumn gaya lentur aksial	365
Gambar 4.58 Output Gaya pcaColoumn.....	367
Gambar 4.59 Lintang rencana untuk SRPMM.....	367
Gambar 4.60 Detail balok	374
Gambar 4.61 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas.....	374
Gambar 4.62 Potongan Tulangan Balok Sisi bawah.....	375
Gambar 4.63 Potongan Tulangan tekan Balok tumpuan kiri	375
Gambar 4.64 Potongan Tulangan tarik tumpuan kiri.....	376
Gambar 4.65 Potongan Tulangan tarik tumpuan kiri.....	377
Gambar 4.66 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas.....	377

Gambar 4.67 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas	378
Gambar 4.68 Detail Kolom	380
Gambar 4.69. Potongan Tulangan Balok Sisi Atas	381
Gambar 4.70 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas	381
Gambar 4.71 Pasang base jack	384
Gambar 4.72 Memasang main frame dan cross brace.	384
Gambar 4.73 Memasang u-head	385
Gambar 4.74 Pemasangan gelagar/balok suri.....	385
Gambar 4.75 Plywood 12mm.....	386
Gambar 4.76 Plywood dengan besi hollow	386
Gambar 4.77 Siku	387
Gambar 4.78 Potongan melintang detail bekisting balok	387
Gambar 4.79 Tulangan	388
Gambar 4.80 Bar bender dan bar cutter.....	388
Gambar 4.81 Perakitan tulangan	389
Gambar 4.82 Pemasangan Tulangan	389
Gambar 4.83 Pembersihan area	390
Gambar 4.84 Test Slump.....	390
Gambar 4.85 pengecoran.....	391
Gambar 4.86 Pemadatan.....	391
Gambar 4.87 Kegiatan curing.....	392
Gambar 4.88 Bongkar hollow pinggir.....	392
Gambar 4.89 Longgarkan u-head dan bongkar hollow bawah.....	393
Gambar 4.90 Bongkar gelagar dan bongkar scaffolding	393

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es	11
Tabel 2 2 Faktor Arah Angin (Kd)	13
Tabel 2 3 Faktor Topografi (Kzt)	16
Tabel 2 4 Koefisien tekanan internal (GCpi)	18
Tabel 2 5 Koefisien eksposur tekanan velositas (Kh dan Kz)	19
Tabel 2 6 Konstanta Eksposur Daratan	19
Tabel 2 7 Klasifikasi Situs	23
Tabel 2 8 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode Pendek	26
Tabel 2 9 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	26
Tabel 2 10 Koefisien Situs (Fa)	27
Tabel 2 11 Koefisien Situs (Fv)	27
Tabel 2 12 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x .	29
Tabel 2 13 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	29
Tabel 2 14 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	30
Tabel 2 15 Faktor Keutamaan Gempa	30
Tabel 2 16 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	31
Tabel 2 17 Berat Besi	41
Tabel 3 1 Tebal Minimum Balok Non Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung	47
Tabel 3 2 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior*	48

Tabel 3 3 Rasio Luas Tulangan.....	55
Tabel 4 1 Kategori resiko.....	103
Tabel 4 2 Faktor Arah Angin (Kd).....	103
Tabel 4 3 Faktor Topografi (Kzt).....	104
Tabel 4 4 Koefisien tekanan internal (Gcpi).....	105
Tabel 4 5 Koefisien eksposur tekanan velositas (Kh dan Kz)	106
Tabel 4 6 Konstanta Eksposur Daratan.....	107
Tabel 4 7 Koefisien tekanan.....	108
Tabel 4 8 Tekanan angin.....	109
Tabel 4 9 Daerah W0	110
Tabel 4 10 Beban mati W1	110
Tabel 4 11 Beban hidup W1	113
Tabel 4 12 Beban mati W2	114
Tabel 4 13 Beban hidup W2	118
Tabel 4 14 Beban mati W3	119
Tabel 4 15 Beban hidup W3	123
Tabel 4 16 Beban mati W4	124
Tabel 4 17 Beban hidup W4	128
Tabel 4 18 Beban mati W5	129
Tabel 4.19 Beban hidup W5	133
Tabel 4.20 Beban mati W6	134
Tabel 4 21 Beban hidup W6	135
Tabel 4.22 tabel SPT.....	136
Tabel 4.23 Klasifikasi Situs	137
Tabel 4.24 Klasifikasi Situs	139
Tabel 4.25 Interpolasi linear	140
Tabel 4.26 Klasifikasi Site	140

Tabel 4 27. KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan pada periode 1 detik	141
Tabel 4.28 koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	143
Tabel 4.29 Gaya Gempa per Kolom.....	145
Tabel 4.30 Beban gempa per kolom.....	145
Tabel 4.31 Beban Gempa lantai 1	146
Tabel 4.32 Beban Gempa lantai 2	151
Tabel 4.33 Beban Gempa Lantai 3.....	155
Tabel 4.34 Beban Gempa Lantai 4.....	160
Tabel 4.35 Beban Gempa lantai 5	165
Tabel 4.36 Beban Gempa Lantai Atap	170
Tabel 4.37 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom.....	178
Tabel 4.38 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom.....	185
Tabel 4 39 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom.....	191
Tabel 4.40 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom.....	198
Tabel 4.41 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom.....	205
Tabel 4.42 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom.....	211
Tabel 4.43 cross.....	217
Tabel 4.44 Rekapitulasi Penulangan Pelat	223
Tabel 4.45 Rekapitulasi Penulangan Balok.....	301
Tabel 4.46 Rekapitulasi Penulangan Sloof	339

Tabel 4.47 Rekapitulasi Penulangan Kolom.....	373
Tabel 4.48 Volume total tulangan B1	379
Tabel 4.49 Volume total tulangan S1.....	379
Tabel 4.50 Volume total tulangan K1	382
Tabel 4.51 Volume total tulangan K2.....	383
Tabel 5.1 Rekapitulasi pelat tangga	395
Tabel 5.2 Rekapitulasi pelat lantai	396
Tabel 5.3 Rekapitulasi balok.....	396
Tabel 5.4 Rekapitulasi Penulangan Sloof	397
Tabel 5.5 Rekapitulasi kolom	397
Tabel 5.6 Volume total tulangan B1 memanjang	398
Tabel 5.7 Volume total tulangan S1 memanjang	398
Tabel 5.8 Volume total tulangan Kolom K1 Memanjang.	399
Tabel 5.9 Volume total tulangan Sloof S1 Melintang	399
Tabel 5.10 Volume total tulangan Sloof S2 Melintang	399
Tabel 5.11 Volume total tulangan Balok B1 Melintang ...	400
Tabel 5.12 Volume total tulangan Balok B2 Melintang ...	400
Tabel 5.13 Volume total tulangan Kolom K1 Melintang .	400
Tabel 5.14 Volume total tulangan Kolom K1 Melintang .	401

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm ²)
A_g	=	Luas bruto penampang (mm ²)
A_{oh}	=	Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm ²)
A_s	=	Luas tulangan tarik non prategang (mm ²)
A_{sc}	=	Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm ²)
A'_s	=	Luas tulangan tekan non prategang (mm ²)
b	=	Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
b_w	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C'_c	=	Gaya pada tulangan tekan
C'_s	=	Gaya tekan pada beton
d	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	=	Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm)
d_b	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
D	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E_c	=	Modulus elastisitas beton (Mpa)
E	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang terkait
E_x	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X
E_y	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y
I_b	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
I_p	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
f'_c	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)

f_y	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa)
h	=	Tinggi total dari penampang
h_n	=	Bentang bersih kolom
k	=	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
l	=	Panjang bentang balok atau pelat satu arah
l_n	=	Bentang bersih balok
l_o	=	Panjang yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur
l_u	=	Panjang tak tertumpu komponen struktur tekan
M_u	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
M_{nb}	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
M_{nc}	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
M_n	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
M_{nl}	=	Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
M_{nr}	=	Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
M_{nt}	=	Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
M_1	=	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
M_2	=	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
N	=	Nilai Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
N_u	=	Beban aksial terfaktor
P_{cp}	=	Keliling luar penampang beton (mm)
P_h	=	Keliling dari tulangan sengkang torsi
P_u	=	Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)

r	=	Radius girasi penampang komponen struktur tekan
R	=	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan
S	=	Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
S_n	=	Kekuatan lentur, geser, atau aksial nominal sambungan
s_o	=	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang l_o mm
T	=	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
T_n	=	Kuat momen torsi nominal (Nmm)
T_u	=	Momen torsi terfaktor pada penampang Nmm)
V_c	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
V_n	=	Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dangan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_t
V_s	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	=	Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
W_u	=	Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah
α	=	Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang

		dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	=	Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	=	Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	=	Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
β_n	=	Faktor untuk memperhitungkan pengaruh angkur pengikat pada kuat tekan efektif zona nodal
ρ	=	Rasio tulangan tarik
ρ'	=	Rasio tulangan tekan
ρ_b	=	Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	=	Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	=	Rasio tulangan tarik minimum
μ	=	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
Ψ	=	Faktor kekangan ujung – ujung kolom

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rusunawa merupakan salah satu bangunan milik pemerintah untuk memenuhi kebutuhan warga Surabaya yang memiliki penghasilan rendah. Nantinya di rencanakan rusunawa ini akan menampung keluarga yang sebelumnya tinggal di daerah bantaran sungai – sungai yang ada di Surabaya.

Definisi struktur kuat adalah dapat menahan beban gempa. Dalam mendesain bangunan agar tahan gempa, ada beberapa sistem yang dapat diterapkan dalam struktur bangunan untuk menahan beban gempa yang terjadi, salah satunya yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Dalam Sistem Rangka Pemikul Momen, terdapat 3 jenis sistem yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dan yang akan dikaji dalam tugas ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Pemilihan SRPMM ini dengan mempertimbangkan data tanah yang akan digunakan, apakah tanah tersebut masuk klasifikasi dan persyaratan SRPMM. Dalam perencanaan menggunakan SRPMM, gedung ini dirancang untuk mengalami kerusakan tanpa mengalami keruntuhan saat terjadinya beban gempa.

Untuk Tugas Akhir ini akan dilakukan Perhitungan Struktur Gedung Rusunawa 5 Lantai di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Gedung yang akan menjadi bahan untuk tugas kali ini terletak di Gunung Anyar Surabaya dan memiliki jumlah 5 lantai yang masuk persyaratan untuk tugas akhir program studi diploma teknik sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa permasalahan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara menentukan struktur yang cocok untuk bangunan yang akan di rancang
2. Bagaimana cara menghitung dan merencanakan rangka bangunan strukur beton bertulang dengan metode SRPMM
3. Bagaimana mengaplikasikan hasil perhitungan yang didapat ke dalam gambar detail teknik sebagai acuan dalam pelaksanaannya

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan perencanaan dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Perencanaan ini fokus pada struktur beton pada elemen balok, kolom, pelat dan tangga.
2. Perencanaan ini tidak menghitung struktur pondasi.
3. Perencanaan ini tidak menghitung analisa biaya.
4. Atap dimodifikasi dari atap baja menjadi dek pelat beton dengan tebal 10 cm.
5. Perhitungan Struktur beton pada perencanaan dengan standar
 - a) Peraturan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)
 - b) Peraturan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2012)
 - c) Peraturan mengenai beban minimum SNI 1727 – 2013
6. Metode pelaksanaan yang dipilih pada laporan ini adalah pekerjaan balok.
7. Portal yang direncanakan pada proyek ini dipilih 1 portal memanjang dan 1 portal melintang.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Mampu memodelkan pembebanan pada struktur gedung rusunawa dengan analisa struktur SAP 2000 dan mampu mengontrolnya dengan mekanika teknik
2. Mampu menghitung gaya dalam dari analisa struktur sesuai standar perencanaan elemen struktur beton.
3. Mampu menggambar hasil perhitungan pada lembar kerja.
4. Mampu menguraikan langkah – langkah metode pelaksanaan pada pekerjaan balok beton.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang di dapat dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Memahami tahapan pemodelan struktur, perhitungan dan penggambaran sesuai standar perencanaan.
2. Memahami metode pelaksanaan pada elemen balok beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berikut ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori yang digunakan agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan perihail gempa dan kelayakan suatu bangunan gedung yang mengacu paca peraturan-peraturan antara lain :

2.1 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

1. Peraturan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)
2. Peraturan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2012)
3. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727–2013)

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

SRPM adalah singkatan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, atau Moment Resisting Frame. Menurut SNI 1726-2012 dikatakan jika SRPM adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah ditetapkan dalam Standard Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung, bahwa sistem rangka pemikul momen dibagi dalam 3 kelas yaitu,

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan resiko kegempaan rendah. (KDS A dan B)

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan resiko kegempaan sedang. (KDS C)
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan resiko kegempaan tinggi. (KDS D, E dan F)

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Sistem rangka pemikul momen menengah merupakan sistem rangka yang memikul beban gravitasi, beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa sedang. Sistem rangka pemikul momen ini pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap sehingga beban lateral dipikul rangka pemikul momen melalui gaya lentur, geser dan aksial.

Prinsip dari system rangka pemikul momen menengah (SRPMM), yaitu:

1. Keruntuhan geser tidak boleh terjadi sebelum keruntuhan lentur
 - Keruntuhan geser bersifat mendadak (tidak memberi kesempatan penghuni utk menyelamatkan diri), jadi harus dihindari
 - Penulangan geser pada balok dan kolom dihitung berdasar kapasitas tulangan lentur terpasang (bukan dari hasil analisa struktur)
 - Balok dipaksa runtuh akibat lentur terlebih dahulu dengan membuat kuat geser melebihi kuat lentur
2. Strong column weak beam (Kolom kuat balok lemah)
 - Kerusakan dipaksakan terjadi pada balok
 - Hubungan Balok Kolom harus didisain sesuai persyaratan gempa.

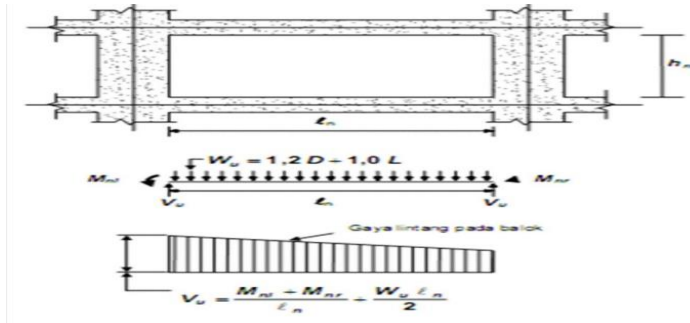
2.2.1.1 Persyaratan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Adapun penjelasan yang lebih rinci,

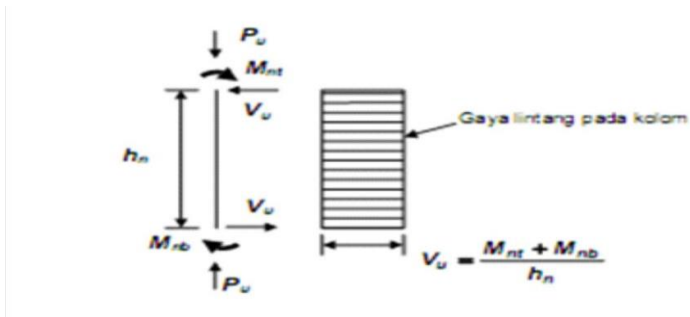
1. Sistem ini memiliki Faktor Modifikasi Respons (R)
 $5 \sim 5,5$
 (SNI 1726-2012 Tabel 9)
2. Untuk penulangan komponen SRPMM, bila gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur $\leq \frac{Ag.f_c'}{10}$, harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 2847-2013 pasal 21.3.4 . Namun jika gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur $> \frac{Ag.f_c'}{10}$, harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 2847-2013 pasal 23.10.5
 (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.2)
3. Untuk penulangan komponen SRPMM pun, bila sistem slab dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari sistem penahan gaya gempa, detail tulangan pada sebarang bentang yang menahan momen yang diakibatkan oleh beban gempa harus memenuhi SNI 2847-2013 Pasal 23.10.6.
 (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.2)
4. Kuat geser rencana balok, kolom, dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang dari jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor.
 (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.3)
5. Kuat geser rencana balok, kolom, dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa juga tidak boleh kurang dari gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana

termasuk pengaruh beban gempa, E dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.

(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.3)



Gambar 2.1 Gaya geser rencana pada balok untuk SRPMM



Gambar 2.2 Gaya geser rencana pada kolom untuk SRPMM

2.2.1.1.1 Persyaratan Balok pada SRPMM

1. Kekuatan momen positif $\geq \frac{1}{3}$ Kekuatan momen negatif
2. Kekuatan momen negatif $\geq \frac{1}{5}$ Momen maksimal

3. Kekuatan momen positif $\geq \frac{1}{5}$ Momen maksimal
 4. Panjang sengkang ≥ 2 kali tebal
 5. Jarak sengkang pertama ≤ 50 mm
 6. Spasi sengkang $\leq d/4$
 7. Spasi sengkang ≤ 8 kali diameter batang tulangan terkecil
 8. Spasi sengkang ≤ 24 kali diameter batang tulangan sengkang
 9. Spasi sengkang ≤ 300 mm
- (SNI 2847 – 2013 Pasal 21.3.4)

2.2.1.1.2 Persyaratan Kolom pada SRPMM

1. Spasi sengkang $\leq d/4$
 2. Spasi sengkang ≤ 8 kali diameter batang tulangan terkecil
 3. Spasi sengkang ≤ 24 kali diameter batang tulangan sengkang
 4. Spasi sengkang ≤ 300 mm
 5. Panjang sengkang $\geq \frac{1}{6}$ bentang kolom
 6. Panjang sengkang \geq penampang kolom terkecil
 7. Panjang sengkang ≥ 300 mm
 8. Jarak sengkang pertama $\leq \frac{1}{2}$ spasi sengkang
- (SNI 2847 – 2013 Pasal 21.3.5)

2.2.1.1.3 Hubungan Balok dan Kolom pada SRPMM

1. Nilai V_n joint yang terkekang oleh pada empat sisi tidak boleh lebih besar dari nilai $1,7\sqrt{f_c'}A_j$
2. Nilai V_n joint yang terkekang oleh balok pada ketiga sisinya atau pada kedua sisi yang berlawanan tidak boleh lebih besar dari nilai $1,2\sqrt{f_c'}A_j$

3. Untuk kasus – kasus lainnya senilai

$$1,0\sqrt{f'_c}A_j$$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 21.3.5)

2.3 Pembebanan

2.3.1 Beban Mati

Beban mati yang dihitung dalam struktur gedung ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi menahan beban. Berikut berat sendiri elemen – elemen tersebut,

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. Berat Pelat sendiri | = volume pelat x 2400 |
| kg/m ² | |
| 2. Keramik | = (Brosur) |
| 3. Spesi | = (Brosur) |
| 4. Plumbing | = (Brosur) |
| 5. Instalansi Listrik | = (Brosur) |
| 6. Aspal | = (Brosur) |
| 7. Plafon + Penggantung | = (Brosur) |
| 8. Dinding ½ bata | = (Brosur) |
| 9. Railing | = (Brosur) |
| 10. Wiremesh | = (Brosur) |

2.3.2 Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati (SNI 1727 – 2013). Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut,

1. Beban Hidup pada Lantai gedung dan tangga

Beban Hidup ini mengacu pada peraturan pembebanan minimum 2013 dan sesuai peraturan dan fungsi bangunan sebagai tempat tinggal maka beratnya 200 kg/m^2

2. Beban Hidup pada Balkon

Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan sebesar 479 kg/m^2

3. Beban Hidup pada Gudang

Beban hidup untuk gudang direncanakan sebesar 100 kg/m^2

4. Beban Hidup pada Atap

Beban hidup di atap direncanakan untuk atap beton bertulang memiliki beban sebesar 96 kg/m^2

5. Beban air hujan

Beban air hujan sebesar $24,5 \text{ kg/m}^2$

2.3.3 Beban Angin

Beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada suatu gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin dihitung berdasarkan SNI 1727-2013 Tabel 27.2.1. Dalam hal ini beban angin disimbolkan dengan W .

a. Kategori risiko bangunan

Tabel 2 1 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I

Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
<p>Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.</p>	III
<p>Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.</p>	IV

<p>Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenangan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis^a.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p>	
--	--

(SNI 1727-2013 Tabel 1.5-1)

b. Kecepatan angin dasar (V)

Kecepatan angin dasar dan arah angin didapatkan dari BMKG Jawa Timur
<http://meteo.bmkg.go.id>

c. Parameter beban angin

- Faktor arah angin (K_d)

Faktor arah angin, K_d , harus ditentukan dari tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85

Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

* Faktor arah K_d telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2.

Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.

(SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1)

- Kategori eksposur
 - Eksposur B: Untuk bangunan gedung dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30ft (9,1m), Eksposur B berlaku bila

mana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan B, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500ft (457m). Untuk bangunan dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30ft (9,1m), Eksposur B berlaku bila mana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

- Eksposur C: Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau D tidak berlaku.
- Eksposur D: Eksposur D berlaku bila mana kekasaran permukaan tanah, sebagai mana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000ft (1.524m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bila mana kekasaran permukaan tanah segera lawan angin dari situs B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600ft (183m) atau 20 kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya. Untuk situs yang terletak di zona transisi antara katagori exposure, harus menggunakan hasil katagori di gaya angin terbesar.
- Pengecualian: Eksposur menengah antara kategori sebelumnya diperbolehkan di zona transisi asalkan itu ditentukan oleh metode analisis rasional yang dijelaskan dalam literatur dikenal.

(SNI 1727-2013 Pasal 26.7)

- Faktor topografi (K_{zt})

Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor K_{zt} :

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$$

di mana K_1 , K_2 , dan K_3 diberikan dalam tabel di bawah ini. Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan, $K_{zt}=1,0$.

Tabel 2 3 Faktor Topografi (K_{zt})

Parameter untuk peningkatan kecepatan di atas bukit dan tebing						
Bentuk bukit	$K1/(H/Lh)$			γ	μ	
	Eksposur				Sisi angin datang dari puncak	Sisi angin pergi dari puncak
	B	C	D			
Bukit memanjang 2-dimensi (atau lembah dengan negatif H dalam $K1/(H/Lh)$)	1,30	1,5	1,55	3	1,5	1,5
Tebing 2-dimensi	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4

Bukit simetris dimensi	3-	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5
------------------------------	----	------	------	------	---	-----	-----

(SNI 1727-2013 Pasal 26.8.2 dan Gambar 26.8-1)

- Faktor efek tiupan angin (G)
 - Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.
 - Untuk menentukan apakah suatu bangunan gedung atau struktur lain adalah kaku atau fleksibel, frekuensi alami fundamental, n_1 , harus ditetapkan menggunakan sifat struktural dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang dibuktikan secara benar. Bangunan bertingkat rendah diizinkan untuk dianggap kaku.

(SNI 1727-2013 Pasal 26.9)

- Klasifikasi ketertutupan

Untuk menentukan koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian, atau terbuka. Jika sebuah bangunan memenuhi definisi bangunan "terbuka" dan "tertutup sebagian", harus diklasifikasikan sebagai bangunan "terbuka". Suatu bangunan yang tidak memenuhi definisi bangunan "terbuka" atau "tertutup sebagian" harus diklasifikasikan sebagai bangunan "tertutup".

(SNI 1727-2013 Pasal 26.10)

- Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

Koefisien tekanan Internal, (GC_{pi}), harus ditentukan dari Tabel di bawah ini

berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung.

Tabel 2 4 Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

Sistem Penahan Beban Angin Utama dan Komponen dan Kinding		Semua Ketinggian
Tabel 26.11-1	Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi})	Dinding & Atap
Bangunan Tertutup, Tertutup Sebagian, dan Terbuka		

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Catatan:

1. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.
2. Nilai (GC_{pi}) harus digunakan dengan q , atau q_s , seperti yang ditetapkan.
3. Dua kasus harus dipertimbangkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai:
 - (i) nilai positif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
 - (ii) nilai negatif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal

(SNI 1727-2013 Tabel 26.11-1)

d. Koefisien eksposur tekanan velositas (K_z atau K_h)

Berdasarkan kategori eksposur yang telah ditentukan, koefisien eksposur tekanan velositas K_z atau K_h , sebagaimana yang berlaku, harus ditentukan dari tabel di bawah ini. Untuk situs yang terletak di zona transisi antara kategori eksposur yang dekat terhadap perubahan kekasaran permukaan tanah, diizinkan untuk menggunakan nilai menengah dari K_z atau K_h , asalkan ditentukan dengan metode analisis rasional yang tercantum dalam literatur yang dikenal.

Tabel 2 5 Koefisien eksposur tekanan velositas (Kh dan Kz)

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan:

- Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:
 Untuk $15 \text{ ft} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft}$
 $K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha}$ $K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha}$
- α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
- Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

(SNI 1727-2013 Tabel 27.3-1)

Tabel 2 6 Konstanta Eksposur Daratan

Dalam metrik										
Eksposur	α	Z_0 (ft)	\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ (ft)	\bar{z}	Z_{min} (m)*
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

* Z_{\min} = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen \bar{z} yang lebih besar dari $0,6h$ atau Z_{\min} .

Untuk bangunan gedung dengan $h \leq Z_{\min}$, \bar{z} harus diambil sebesar Z_{\min} .

(SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1)

e. Tekanan velositas (q atau q_h)

Tekanan velositas, q_z , dievaluasi pada ketinggian z harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_z = 0,00256 K_z K_{zt} K_d V^2 (lb/ft^2)$$

[Dalam SI: $q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 (N/m^2)$; V dalam m/s]

di mana:

K_d = faktor arah angin

K_z = koefisien eksposur tekanan velositas

K_{zt} = faktor topografi tertentu

V = kecepatan angin dasar

q_z = tekanan velositas dihitung pada ketinggian z

q_h = tekanan velositas dihitung pada ketinggian atap rata-rata h .

Koefisien numerik 0,00256 (0,613 dalam SI) harus digunakan kecuali bila ada data iklim yang tersedia cukup untuk membenarkan pemilihan nilai yang berbeda dari koefisien ini untuk aplikasi desain.

(SNI 1727-2013 Pasal 27.3.2)

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})(lb/ft^2)(N/m^2)$$

di mana :

$q = q_z$ untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah

$q = q_h$ untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h

$q_i = q_h$ untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$ untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif, q_i secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian h ($q_i = q_h$)

G = faktor efek-tiupan angin

C_p = koefisien tekanan eksternal

(GC_{pi}) = koefisien tekanan internal

q dan q_i harus dihitung dengan menggunakan eksposur. Tekanan harus diterapkan secara bersamaan pada dinding di sisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam gambar 3.

(SNI 1727-2013 Pasal 27.4.2)

2.3.4 Beban Gempa

Beban Gempa merupakan beban yang terjadi pada gedung akibat adanya pergeseran tanah sehingga otomatis elemen gedung tersebut mengikuti pergerakan tersebut sehingga perlu adanya perhitungan untuk mengantisipasi terjadinya pergeseran tersebut yang dapat mengakibatkan keruntuhan pada bangunan tersebut. Bangunan rusunawa ini menggunakan analisa gempa statik ekuivalen. Menurut peraturan pembebanan SNI gempa 1726-2012.

1. Perhitungan berat struktur bangunan
Menghitung semua berat struktur bangunan yang akan dibangun

2. Perhitungan nilai SPT rata-rata (\bar{N}).

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

3. Menentukan klasifikasi situs tanah sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 5.3 dengan menggunakan SPT rata-rata (\bar{N}).

Tabel 2 7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuankeras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100

SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}u < 50$ kPa		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

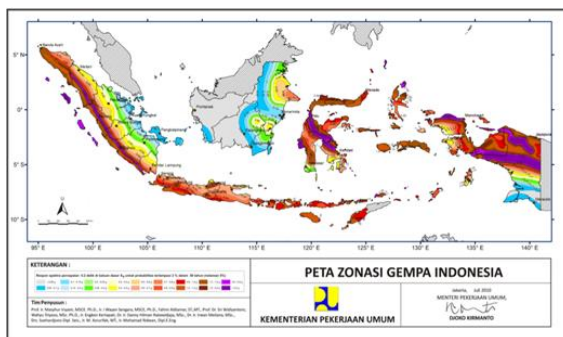
(sumber: SNI 1726-2012, Tabel 3)

4. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.5. Nilai S_{DS} dan S_{D1} dihitung setelah mendapat nilai S_s dan S_1 pada peta hazard gempa Indonesia sesuai gambar 9 pada SNI 1726:2012. Dari hasil

perhitungan nilai S_{DS} dan S_{D1} , bangunan Rusunawa ini termasuk dalam kategori Desain Seismik C.



Gambar 2.4 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik (S_S) di batuan dasar (S_B) untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun.



Gambar 2.5 Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 Detik (S_1) di batuan dasar (S_B) untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun.

Tabel 2 8 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Perioda Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(SNI 1726-2012 Tabel 6)

Tabel 2 9 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik

Nilai S_{DI}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0.067 \leq S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

(SNI 1726-2012 Tabel 7)

- Menentukan koefisien situs periode pendek (F_a) dan periode 1 detik (F_v) sesuai dengan SNI 1726-2012 pada pasal 6.2. Berikut ini tabel 2.5 dan 2.6 mengenai koefisien situs.

Tabel 2 10 Koefisien Situs (Fa)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons situs-spesifik

Tabel 2 11 Koefisien Situs (Fv)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

SC	1,7	1,2	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (c) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- (d) SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons situs-spesifik

(SNI 1726-2012 Pasal 6.2)

6. Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.2

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

7. Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.2

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

8. Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

9. Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik (S_{D1}) sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.3

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

10. Menentukan besar periode (T)

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Keterangan : h_n = tinggi bangunan (m)

$C_t = 0,0466$ (ditentukan lihat tabel 2.7)

$X = 0,9$ (ditentukan lihat tabel 2.7)

Tabel 2 12 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9

(SNI 1726-2012 Tabel 15)

Tabel 2 13 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(SNI 1726-2012 Tabel 14)

11. Membuat respons spektrum gempa.

- Untuk perioda lebih kecil dari T_0 .

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar dari T_s

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

12. Menentukan kategori resiko struktur bangunan dan faktor keamanan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 4.1.2 yang dicantumkan pada tabel 2.9 dan 2.10 dibawah ini. Bangunan rusunawa ini termasuk bangunan dalam kategori resiko II.

Tabel 2 14 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, dan IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Perumahan ➤ Rumah toko dan rumah kantor ➤ Pasar ➤ Gedung perkantoran ➤ Gedung apartemen / rumah susun ➤ Pusat perbelanjaan / <i>mall</i> ➤ Bangunan industri ➤ Fasilitas manufaktur ➤ Pabrik 	II

(SNI 1726-2012 Tabel 2.9)

Tabel 2 15 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	FaktorKeutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0

(SNI 1726-2012 Tabel 2.10)

13. Menentukan nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.2.2 seperti yang dicantumkan pada tabel 2.11.

Tabel 2 16 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons,	Faktor Kuat lebih sistem,	Faktor pembesaran defleksi,	Batas sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c					
				Kategori desain seismik					
	Ra	Ω_0 ^a	C_d ^b	B	C	D [*]	E [*]	F [*]	
C. Sistem rangka pemikul momen									
1. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI	
3. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI	

TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diijinkan

(SNI 1726-2012 Tabel 9)

14. Menghitung gaya geser dasar seismik (V)

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$\text{Sehingga, } V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \times W$$

Keterangan :

V : Gaya geser dasar seismik

C_s : koefisien respons seismik

S_{DS} : parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode pendek

R : faktor modifikasi respons dalam SNI 1726-2012 tabel 9

I_e : faktor keutamaan gempa dalam SNI 1726-2012 tabel 2

15. Menghitung gaya geser dasar seismik per lantai (F)

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum W_i Z_i} \times V$$

2.3.5 Kombinasi Pembebanan

Beban beban yang ada harus dikombinasikan agar mendapatkan kekuatan perlu (U) bangunan. Berikut adalah kekuatan perlu dari kombinasi beban terfaktor sesuai:

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$

(SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1)

2.4 Metode Pelaksanaan pada Elemen Balok

Pekerjaan balok merupakan pekerjaan beton bertulang yang direncanakan untuk menahan tegangan tekan dan tegangan tarik yang diakibatkan oleh beban lentur. Balok merupakan bagian struktur bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Pekerjaan balok meliputi persiapan, pekerjaan bekisting, pekerjaan penulangan, pekerjaan pengecoran, dan pekerjaan pembongkaran bekisting. Untuk persiapan pada pekerjaan balok dilakukannya pengukuran di lapangan bersamaan dengan persiapan bekisting dan persiapan tulangan untuk penulangan balok. Untuk persiapan bekisting sendiri seperti

menyiapkan peralatan – peralatan bekisting beserta dengan scaffoldingnya.

2.4.1 Pekerjaan Bekisting

Bekisting sendiri berfungsi sebagai wadah atau cetakan untuk beton. Pekerjaan bekisting pada balok menggunakan sistem semi modern. Sistem semi modern ini terlihat dengan adanya pemakaian plywood dan scaffolding. Untuk ukuran plywood yang direncanakan dengan ukuran dan ketebalan 12mm. Perancah pada pekerjaan balok menggunakan scaffolding. Scaffolding merupakan rangkaian dari besi yang kokoh menahan beban sendiri, beban bekisting, beban tulangan, beban beton dan beban hidup lain di atasnya. Bahan-bahan yang digunakan untuk pekerjaan bekisting diantaranya:

- a) U head : Sebagai penyimpan balok suri – suri
- b) Join Pin : Untuk penyambung antar mainframe atau antara mainframe dengan jack base.
- c) Cross Base : Sebagai pengaku dan pengikat antar main frame.
- d) Main Frame : Bagian utama scaffolding sebagai penyalur beban dari atas ke jack base
- e) Jack Base : Sebagai kaki / pondasi scaffolding.
- f) Hollow : Sebagai penopang acuan dan penyalur beban dari plywood ke u head.

- g) Plywood 12mm: Sebagai penahan langsung berat beban, tulangan, dan berat beton segar.
- h) Beam Clamp : Sebagai penahan yang akan dipasang diagonal antara plywood dengan u head. Penahannya berupa hollow.
- i) Paku : Sebagai penyambung antar plywood.
- j) Meteran : Untuk mengukur berbagai pengukuran pada pekerjaan bekisting.
- k) Gergaji kayu : Untuk memotong plywood
- l) Palu : Sebagai pemberi tumbukan pada paku.

Tahapan – tahapan pekerjaan bekisting balok,

- a) Memasang jack base yang berfungsi sebagai penyangga utama untuk tetap menjaga mainframe berdiri dengan kokoh. Penggunaan jack base sebagai pengatur ketinggian/ elevasi scaffolding.
- b) Memasang mainframe sebagai struktur utama dari scaffolding.
- c) Memasang cross base sebagai pengikat antar mainframe untuk menjaga posisi scaffolding agar kokoh dan berdiri tegak.
- d) Memasang u head sebagai penyangga hollow. Selain itu u head berfungsi untuk

mengatur ketinggian struktur balok yang direncanakan.

- e) Memasang hollow di antara u head satu dengan yang lain.
- f) Memasang Beam clamp diatas hollow yang berada dekat u head.
- g) Memasang plywood sebagai media cetakan untuk beton segar.

2.4.2 Pekerjaan Pembesian

Pekerjaan tulangan merupakan pekerjaan yang meliputi pekerjaan pemotongan, hingga pekerjaan perakitan. Tulangan merupakan salah satu bahan beton bertulang yang berfungsi sebagai penahan gaya tarik pada struktur balok.

Berikut alat dan bahan yang dibutuhkan,

- a) Baja tulangan ulir / polos : Sebagai penahan gaya tarik.
- b) Kawat bendrat : Sebagai pengikat antar tulangan
- c) Tang Besi : Sebagai alat untuk mengikat kawat bendrat.
- d) Mesin pemotong tulangan : Mesin untuk memotong tulangan
- e) Meteran : Untuk kegiatan mengukur saat proses penulangan
- f) Beton Decking : Berfungsi sebagai penanda selimut beton.
- g) Gunting pemotong tulangan : Untuk memotong tulangan secara manual
- h) Mesin pembengkok tulangan : Sebagai pembengkok tulangan

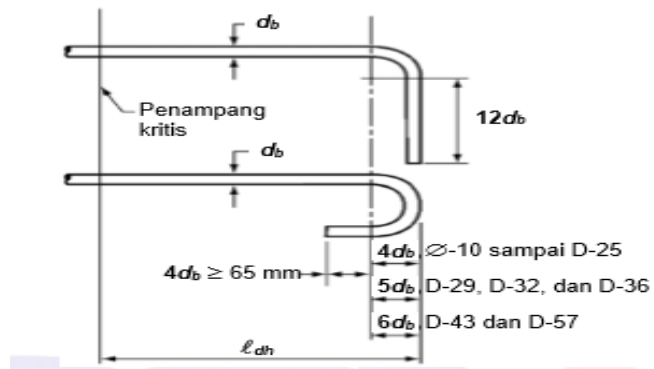
Berikut ini akan dijabarkan tahapan – tahapan pekerjaan pada balok,

- a) Persiapan bahan dan pemotongan tulangan sesuai gambar kerja
- b) Pembengkokan tulangan berdasarkan data dan panjang yang telah ditentukan
- c) Perakitan tulangan berdasarkan dimensi untuk pemasangan tulangan balok
- d) Pengangkutan tulangan balok ke lokasi proyek
- e) Memasang beton decking sebagai selimut balok.
- f) Pemasangan tulangan balok

Pekerjaan pembesian pada penulangan balok dihitung berdasarkan beratnya dalam kg atau ton. Dalam perhitungan volume balok, dipertimbangkan juga dalam aspek pembengkokan tulangan dan panjang kaitan. Hal ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan besi secara efisien. Perhitungan volume pembesian direncanakan berdasarkan SNI Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (2847-2013), sehingga telah disusun ketentuan panjang bengkokan, kaitan dan penyaluran pada gedung ini kedalam bentuk tabel. Berikut ini adalah ketentuan panjang penyaluran, panjang kaitan dan panjang bengkokan sesuai dengan yang tertera pada gambar struktur gedung Rusunawa 1 TB Blok A Surabaya.

2.4.2.1 Kait standar

Untuk perhitungan tugas ini menggunakan bengkokan 90 derajat sehingga untuk panjang ldh ditambah perpanjangan 12db pada ujung bebas batang tulangan.



Gambar 2.6 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

2.4.2.2 Panjang Penyaluran

1) Panjang Penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tarik

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebagai berikut:

Tabel 2.17 Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

	Batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambungkan tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

(SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2)

- Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Dimana ruas pengekan ($C_d + K_{cr})/d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan disain meskipun terdapat tulangan transversal.

(SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3)

- Faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk peyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik :
 - a) Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan, $\psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya, $\psi_t = 1,0$.
 - b) Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, $\psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\psi_e = 1,2$. Untuk tulangan

tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dikalvalis), $\psi_e = 1,0$.

c) Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 atau lebih kecil, $\psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D-22 dan yang lebih besar, $\psi_s = 1,0$.

d) Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika f_{ct} ditetapkan. Bila beton berat normal digunakan, $\lambda = 1,0$.

(SNI 2847-2013 Pasal 12.2.4)

2) Panjang penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tekan

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan, l_{dc} harus ditetapkan sesuai dengan ketentuan pada poin selanjutnya, tetapi l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm.

(SNI 2847-2013 Pasal 12.3.1)

- Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_{dc} harus diambil sebesar yang terbesar dari:

$\left(\frac{0,24f_y}{\lambda\sqrt{f_{c'}}}\right)d_b$ dan $(0,043f_y)d_b$, dengan konstanta 0,043 mempunyai satuan mm^2/N .

(SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2)

- Panjang l_{dc} di atas diizinkan untuk dikalikan dengan faktor sesuai untuk :
 - a) Tulangan yang melebihi dari yang diperlukan oleh analisi....(A_s perlu)/(A_s terpasang)

- b) Tulangan dilingkupi tulangan spiral tidak kurang dari diameter 6 mm dan tidak lebih dari spasi 100 mm atau dalam pengikat berdiameter 13 dan berspasi pusat-ke-pusat tidak lebih dari 100 mm.....0,75.

(SNI 2847-2013 Pasal 12.3.3)

Pada saat pelaksanaannya pemasangan dan fabrikasi pembesian pada gedung ini harus berdasarkan dengan daftar tabel dan gambar yang sudah direncanakan.

Untuk menghitung berat besi (kg) dapat melihat tabel berat besi berdasarkan tipe besi seperti polos atau ulir. Dan dapat dihitung berdasarkan diameter besi yang digunakan dikalikan dengan panjang total besi yang ditinjau. Berikut tabel – tabel berat besi

Tabel 2 17 Berat Besi

BESI BETON SPIRAL / DEFORMED BARS		Berat per m	
Size	Weight		
D 6 mm - 12 m	2,99 Kg	0,249 Kg	
D 10 mm - 12 m	7,40 Kg	0,617 Kg	
D 12 mm - 12 m	10,70 Kg	0,892 Kg	
D 13 mm - 12 m	12,48 Kg	1,040 Kg	
D 16 mm - 12 m	18,96 Kg	1,580 Kg	
D 19 mm - 12 m	26,76 Kg	2,230 Kg	
D 22 mm - 12 m	35,76 Kg	2,980 Kg	
D 25 mm - 12 m	46,20 Kg	3,850 Kg	
D 29 mm - 12 m	62,28 Kg	5,190 Kg	
D 32 mm - 12 m	75,72 Kg	6,310 Kg	
D 35 mm - 12 m	90,10 Kg	7,508 Kg	
D 36 mm - 12 m	95,88 Kg	7,990 Kg	
D 38 mm - 12 m	107,00 Kg	8,917 Kg	
D 41 mm - 12 m	126,00 Kg	10,500 Kg	

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum)

BESI BETON /MIL STEEL ROUND BARS		Berat per m	
Size	Weight		
Ø 6 mm - 12 m	2,66 Kg	0,222 Kg	
Ø 6,5 mm - 12 m	3,20 Kg	0,267 Kg	
Ø 8 mm - 12 m	4,74 Kg	0,395 Kg	
Ø 9 mm - 12 m	6,00 Kg	0,500 Kg	
Ø 10 mm - 12 m	7,40 Kg	0,617 Kg	
Ø 12 mm - 12 m	10,70 Kg	0,892 Kg	
Ø 13 mm - 12 m	12,50 Kg	1,042 Kg	
Ø 14 mm - 12 m	14,50 Kg	1,208 Kg	
Ø 16 mm - 12 m	19,00 Kg	1,583 Kg	
Ø 19 mm - 12 m	26,80 Kg	2,233 Kg	
Ø 22 mm - 12 m	35,80 Kg	2,983 Kg	
Ø 23 mm - 12 m	39,10 Kg	3,258 Kg	
Ø 25 mm - 12 m	46,20 Kg	3,850 Kg	
Ø 28 mm - 12 m	58,00 Kg	4,833 Kg	
Ø 31 mm - 12 m	71,10 Kg	5,925 Kg	
Ø 32 mm - 12 m	75,77 Kg	6,314 Kg	

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum)

2.4.3 Pekerjaan Pengecoran

Pekerjaan pengecoran merupakan pekerjaan penuangan beton segar ke tempat yang telah dibekisting serta telah diberi tulangan. Pengecoran pada balok menggunakan beton ready mix. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan untuk pekerjaan pengecoran pada plat lantai dan balok:

- a) Beton segar k-250 : Sebagai bahan utama pengecoran.
- b) Concrete pump : Sebagai penyalur beton basah ke lahan pekerjaan
- c) Compressor : Sebagai pemampat udara yang digunakan dalam pembersihan area pekerjaan dari debu maupun sampah ringan lainnya, sebelum dilakukan pengecoran atau kegiatan yang membutuhkan kebersihan area.
- d) Vibrator : Alat untuk memadatkan beton segar yang telah dituang agar tidak menggumpal di satu sisi.

Untuk pekerjaan pengecoran ini dihitung untuk mengetahui berapa volume cor yang dibutuhkan tanpa dikurangi dengan volume pembesiannya dengan rumus sebagai berikut,

$$\text{Volume} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)} \times \text{Tinggi (m)}$$

2.4.4 Pekerjaan Perawatan

Untuk perawatan beton atau dikenal dengan nama curing, dilakukan dengan terpal atau karung yang dibahasi, atau bisa juga dengan cara disiram agar tidak terjadi retak. Kelembapan permukaan juga dapat menambah beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air.

2.4.5 Pekerjaan Pembongkaran Bekisting

Pekerjaan pembongkaran bekisting balok dilakukan apabila beton telah cukup umur yakni selama 7 hari. Beton yang cukup umur ialah beton yang dapat menahan berat sendiri dan beban dari luar. Berikut adalah alat – alat untuk membongkar bekisting,

- a) Palu : Untuk membuka paku pada bekisting
- b) Linggis : Untuk membongkar rangkaian papan bekisting.

Berikut adalah tahapan – tahapan pembongkaran bekisting

- a) Bongkar polywood secara hati – hati untuk bagian pinggir area beton yang telah cukup umur.
- b) Longgarkan u head dan bongkar polywood bagian tengah secara perlahan
- c) Bongkar hollow dan scaffolding
- d) Setelah proses pembongkaran bekisting, selanjutnya dilaksanakan pengecekan hasil cor oleh QC. Jika tidak sesuai maka akan dilakukan perbaikan.

BAB III

METODOLOGI

Langkah – langkah yang digunakan dalam perencanaan gedung rusunawa dengan menggunakan metode struktur rangka pemikul momen menengah adalah :

3.1 Pengumpulan Data

Dalam perencanaan Struktur gedung Rusunawa ini diperlukan data, antara lain:

1. Gambar arsitektural

Gambar arsitektur digunakan untuk menentukan dimensi gedung.

2. Perencanaan Bangunan

- Gambaran Umum Bangunan

- Nama Gedung : Gedung
Rusunawa I TB
Blok A
- Lokasi : Gunung Anyar
Surabaya
- Struktur Atap : Struktur Beton
Bertulang

- Data Bahan Beton

- Mutu Beton : 30 MPa
- F_y Lentur : 400 MPa
- F_y Geser : 240 MPa

3. Data Tanah

Data tanah berupa data SPT yang dipergunakan untuk perhitungan gempa. Data tanah SPT didapatkan dari laboratorium uji tanah kampus Diploma Teknik Sipil dengan menggunakan data tanah berbeda dengan kota proyek tersebut.

4. Peraturan dan Buku Penunjang Sebagai Dasar Teori dan Pendukung
 - Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 - 2847 -2013)
 - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03 - 1726 - 2012)
 - Peraturan Pembebanan Minimum untuk Gedung (SNI 2847 – 2013)
 - Peta Hazzard Gempa Indonesia 2010 (Kementrian PU)

3.2 Preliminary Desain

Preliminari desain adalah perencanaan dimensi komponen-komponen struktur bangunan berdasarkan gambar arsitekturan dan struktural bangunan tersebut. Elemen – Elemen struktur yang direncanakan:

3.2.1 Dimensi Plat

Preliminari desain struktur plat meliputi plat lantai, tangga, dan atap.

1. Penentuan Dimensi Pelat

Berdasarkan *SNI 2847:2013 pasal 9.5*, komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

Penentuan dimensi pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

- a. Perencanaan Pelat Satu Arah

Pelat satu arah terjadi apabila $L_y/L_x > 2$; dimana L_y adalah bentang panjang dan L_x adalah bentang pendek.

SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 menyatakan bahwa tebal minimum yang ditentukan dalam *SNI 2847:2013 tabel 9.5(a)* berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa pengaruh yang merugikan.

Tabel 3 1 Tebal Minimum Balok Non Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

(*SNI 2847:2013, Tabel 9.5(a)*)

	Tebal Minimum (h)			
Komponen Struktur	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

b. Perencanaan Pelat Dua Arah

CATATAN:

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

- (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), W_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Pelat dua arah terjadi apabila $L_y/L_x < 2$; dimana L_y adalah bentang panjang dan L_x adalah bentang pendek.

- Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:
 - Tanpa penebalan > 125 mm
 - Dengan penebalan > 100 mm

Tabel 3 2 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior*

Tegangan leleh, f_y MPa [†]	Tanpa Penebalan [‡]			Dengan Penebalan [‡]		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa Pinggir Balok	Dengan Balok		Tanpa Balok	Dengan Balok	

		k Ping gir [§]		k Ping gir	k Ping gir [§]	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$
<p>*Untuk konstruksi dua arah (l_n) adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.</p> <p>†Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.</p> <p>‡Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5</p> <p>§Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.</p>						

(SNI 2847:2103, Tabel 9.5(c))

- Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2,0 h, ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan berikut

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk α_m lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 m

- Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan α_1 tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

2. Penentuan Dimensi Tangga

Ukuran anak tangga dapat digunakan rumus:

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

- Sudut Kemiringan Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

- Syarat Sudut Kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan

$$60^\circ \leq 2t_i \leq 65^\circ$$

- Jumlah Tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

- Jumlah Injakan

$$n_i = n_t - 1$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$h_e = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

Keterangan :

t = tinggi bidang injakan (optrede)

i = lebar bidang injakan (aantrede)

T = Σt

I = Σi

3.2.2 Dimensi Sloof dan Balok

1. Mencari bentang sloof atau balok rencana yang paling panjang
2. Menghitung tinggi sloof atau balok dari panjang sloof atau balok yang telah didapat
(Tabel 2 SNI 2847 – 2013)
3. Menghitung lebar sloof atau balok dari hasil yang didapatkan dari tinggi sloof atau balok (2/3 tinggi)

3.2.3 Dimensi kolom

- Menghitung inersia balok yang telah diketahui
- Membandingkan perbandingan inersia dan panjang antara balok dan kolom
- Menghitung dimensi kolom dari perbandingan inersia

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

3.3 Perhitungan Pembebanan

3.3.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu.

1. Beban mati pada plat atap :
 - Beban sendiri struktur plat lantai atap
 - Beban plafond dan penggantung
 - Beban instalasi listrik
 - Beban Plumbing
 - Beban Aspal
2. Beban mati pada plat lantai 2,3,4,5 :

- Beban sendiri struktur plat lantai
- Beban plafond dan penggantung
- Beban instalasi listrik
- Beban plumbing
- Beban keramik dan spesi
- 3. Beban mati pada plat lantai dasar:
 - Beban sendiri struktur plat lantai
 - Beban plat wiremesh
 - Beban keramik dan spesi
- 4. Beban mati pada balok :
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati plat atap/plat lantai
 - Berat dinding setengah bata
- 5. Beban mati pada plat tangga dan bordes :
 - Beban sendiri tangga/bordes
 - Beban keramik
 - Beban spesi
 - Beban railing hand

3.3.2 Beban Hidup

a. Beban Hidup pada Atap Bangunan

1. Pada atap yang dibebani pada gedung ini memiliki beban hidup sebesar 96 kg/m^2
2. Beban akibat air hujan adalah $24,5 \text{ kg/m}^2$

b. Beban Hidup pada Lantai Bangunan

1. Beban yang didapat di lantai gedung Rusunawa adalah sebagai hunian dengan beban minimal sebesar 200 kg/m^2
2. Tangga, bordes tangga untuk rumah tinggal adalah 479 kg/m^2
3. Beban pada gudang bangunan sebesar 100 kg/m^2
4. Beban pada balkon sebesar 479 kg/m^2

3.3.3 Beban Angin

Analisa pembebanan angin pada bangunan ini akan sesuai dengan SNI 03 - 1726 – 2012 Pasal 27.2

3.3.4 Beban Gempa

Analisa pembebanan gempa bangunan sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012). Dalam proyek akhir ini perhitungan beban gempa menggunakan analisa beban gempa statik ekuivalen.

3.3.5 Analisa Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh dari bantuan program SAP2000 dengan kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan pada SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1

3.4 Perhitungan Struktur

3.4.1. Struktur Sekunder (Plat)

Dalam perhitungan struktur plat melalui langkah – langkah sebagai berikut,

- Menganalisa struktur Pelat
- Menghitung kebutuhan penulangan Pelat
- Mengontrol jarak spasi tulangan

a. Perhitungan penulangan

Perhitungan momen – momen yang terjadi pada pelat berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2013.

$$- Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 - \quad \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 - \quad \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 - \quad \rho_{\max} &= 0,5 \times \rho_{\text{balance}} \\
 - \quad m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 - \quad \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)
 \end{aligned}$$

Bila $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka ρ_{perlu} dinaikan 30 %.
Sehingga ;

$$\begin{aligned}
 - \quad \rho_{\text{pakai}} &= 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \\
 - \quad As &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d
 \end{aligned}$$

a) Kontrol spasi jarak antar tulangan :

$$- \quad S_{\max} < 2 \cdot h$$

b) Kontrol perlu tulangan susut dan suhu

Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

Tabel 3.3 Rasio Luas Tulangan

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a.	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350	0,0020
b.	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420	0,0018
c.	Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen	$0,0018 \times \frac{400}{f_y}$

c) Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu

Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

(SNI 2847-2013 Pasal 9.12.2.2)

3.4.2. Struktur Primer

3.4.2.1 Struktur Primer Sloof

Gaya yang terjadi pada sloof sama dengan gaya yang terjadi pada balok, namun sloof memiliki gaya aksial tarik. Berikut langkah – langkah perhitungannya,

1. Menghitung tulangan lentur
2. Menghitung geser sloof
3. Menghitung panjang penyaluran

3.4.2.2 Struktur Primer Balok

a. Perhitungan penulangan lentur

Momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP 2000.

1. Tulangan tunggal

- $Mn = \frac{Mu}{\phi}$
- $d = bw - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2}\phi_{\text{tul. utama}}$
- $Rn = \frac{Mn}{bd^2}$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
- $\rho_{\max} = 0,5 \rho_b$
- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_y}$
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$
- Kontrol tulangan :

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$; menggunakan ρ

$\rho_{\min} > \rho$; menggunakan ρ_{\min}

$A_s = \rho \cdot b \cdot d$ atau $A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$

$$n = \frac{A_s}{A_s \text{ Pakai}}$$

Cek kondisi :

- Bila $\rho > \rho_{\max}$, maka dimensi penampang perlu diperbesar
- Bila $\rho < \rho_{\min}$, maka dimensi penampang terlalu besar

2. Tulangan rangkap

- Hitung $x \leq 0,75 x_b$
- $X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$
- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x}{f_y}$
- $M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y$
- Hitung $M_n - M_{nc}$
- $M_n - M_{nc} \leq 0$ tidak perlu tulangan tekan
- $M_n - M_{nc} \geq 0$ perlu tulangan tekan

Bila memerlukan tulangan tekan maka:

$$C_{s'} = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

Kontrol tulangan tekan leleh :

- $f_{s'} = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) \cdot 600 \geq f_y$;
tulangan tekan leleh $f_{s'} = f_y$

- $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) \cdot 600 < f_y$;
tulangan tekan leleh $f_s' = f_s'$
- Tulangan tekan perlu
 $(A_s') = \frac{C_s'}{(f_s' - 0,85 \cdot f_c')}$
- Tulangan Tarik tambahan
 $(A_{ss}) = \frac{T_2}{f_y}$

Tulangan perlu :

- $A_s = A_s' + A_{ss}$
- $A_s' = A_s'$

Kontrol kekuatan :

- $\phi M_n \geq M_u$

b. Perhitungan penulangan geser

Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E).

- $V_n = V_c + V_s$
- $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$

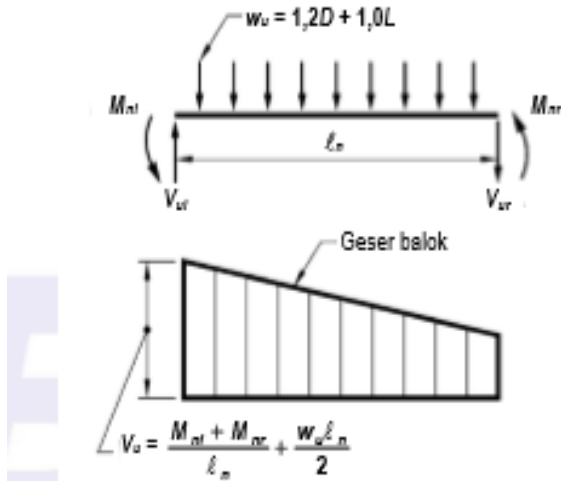
Sedangkan untuk gaya geser minimum yang harus dimiliki tulangan geser :

- $V_{s_{min}} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$
- $V_{s_{max}} = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$
- $V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$

Luas tulangan geser minimum yang harus terpasang :

$$- Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y}$$

Untuk mendapatkan V_u sesuai dengan perencanaan SRPMM, maka rumus yang digunakan sebagai berikut :



Gambar 3.1 . Gaya Lintang pada Balok Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

Berikut adalah beberapa kondisi perhitungan tulangan geser :

1. Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \varphi \times Vc$$

Maka, tidak perlu tulangan geser.

2. Kondisi 2

$$0,5 \times \varphi \times Vc \leq Vu \leq \varphi \times Vc$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y} \quad Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

3. Kondisi 3

$$\phi \times Vc < Vu \leq \phi(Vc + Vs_{min})$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times s}{3 \times f_y} \quad Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

4. Kondisi 4

$$\phi(Vc + Vs_{min}) < Vu$$

$$\leq \phi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\phi \times Vs_{perlu} = Vu - \phi \times Vc$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{s}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

5. Kondisi 5

$$\phi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right) < Vu$$

$$\leq \phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\phi \times Vs_{perlu} = Vu - \phi \times Vc$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{s}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

Kuat geser rencana balok yang menahan pengaruh gaya gempa, E , tidak boleh kurang dari :

- Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan M_n balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.
- Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E , dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.3.1)

c. Perhitungan penulangan torsi

Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u besarnya kurang dari :

- a. Untuk komponen non – prategang

$$\leq 0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

- b. Untuk komponen struktur prategang

$$\leq 0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)\sqrt{1 + \frac{f_p c}{0,33\lambda\sqrt{f_c'}}$$

- c. Untuk komponen struktur prategang yang dikenai gaya Tarik atau tekan axial

$$\leq 0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)\sqrt{1 + \frac{Nu}{0,33Ag\lambda\sqrt{f_c'}}$$

Untuk torsi kompabilitas, batasi momen torsi desain sampai yang lebih kecil dari momen aktual T_u :

- Cara perhitungannya sama dengan pengaruh torsi diabaikan

d. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

- Panjang penyaluran (I_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai I_d tidak boleh kurang dari 300 mm

Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai I_d/I_b harus diambil sebagai berikut :

$$I_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right)$$

Dimana ruas pengekanan ($C_b + K_{tr}$) / d_b tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$K_{tr} = \frac{40 A_v}{s_n}$$

3.4.2.3 Struktur Primer Kolom

a. Perhitungan tulangan lentur kolom

1. Menentukan antara kolom dengan pengaku (braced frame) atau kolom tanpa pengaku (unbraced frame)

- Untuk komponen struktur tekan yang di breassing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k.L_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

- Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibreassing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k.L_u}{r} \leq 22$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1)

2. Hitung faktor kekakuan (EI) kolom

Nilai EI bisa diambil dari :

$$EI = \frac{0,2.E_c.I_g + E_s.I_{se}}{1 + \beta_d} \text{ atau } EI = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta_d}$$

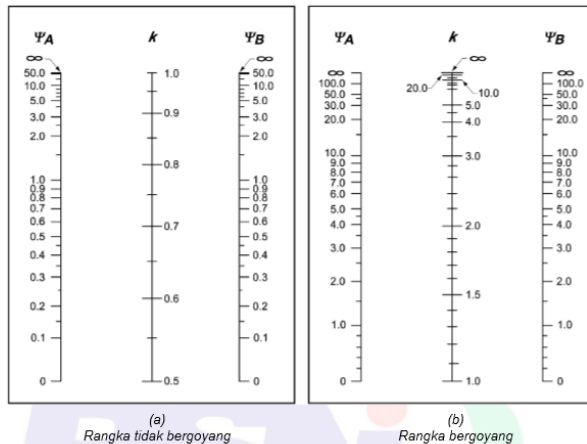
(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

3. Hitung faktor kekangan ujung-ujung kolom ψ_A dan ψ_B .

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{kolom-kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{balok-balok}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7.2)

4. Hitung faktor panjang efektif (k)
Lihat tabel nomigram pada SNI 2847-2013 Pasal 12.11.6



Gambar 3.2 Faktor Panjang Efektif (k)

(SNI 2847-2013 Gambar S10.10.1.1)

5. Hitung P_c (Beban kritis) kolom-kolom yang bersangkutan

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot Lu)^2}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6)

6. Hitung faktor pembesaran momen (δ_s dan δ_{ns})

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \cdot \sum P_c}} \geq 1$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7.4)

Hitung :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7)

Dimana :

δ_s = faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping

C_m = suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen

M_{1s} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

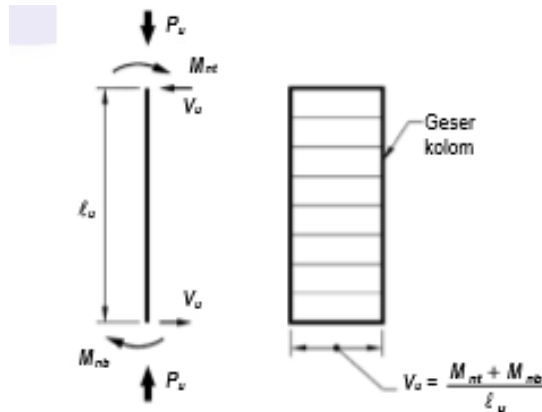
M_{2s} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

b. Perhitungan tulangan geser kolom

Untuk mendapatkan nilai V_u pada kolom sesuai dengan perencanaan SRPMM dapat diperoleh dari rumus berikut :



Gambar 3.3 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser (V_c) harus dihitung menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$$

Besaran Nu/Ag harus dinyatakan dalam MPa.

(SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2)

Kondisi perhitungan tulangan geser pada kolom sama dengan kondisi perhitungan pada balok.

- a. Cek persyaratan
 - Kontrol momen

$$M_n > \frac{Mu}{\phi}$$
 - Kontrol kemampuan kolom
 Kontrol kemampuan kolom dilakukan dengan menggunakan program PCACOL.

$$M_{ux} < M_{nx}$$

$$M_{uy} < M_{ny}$$
- b. Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom
 - Tulangan kondisi tarik

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f'_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{pasang}}} \lambda_d$$
 - Tulangan kondisi tekan

$$\lambda_d = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f'_c}} \geq 0,04 \cdot d_b f_y$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{pasang}}} \lambda_d$$
 - Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda_{hb} = \frac{100d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

c. Jarak Spasi Tulangan Pada Kolom

- $8 \times \emptyset$ tulangan longitudinal terkecil
- $\leq 24 \times \emptyset$ sengkang ikat
- $\frac{1}{2}$ dimensi penampang kolom terkecil
- $\leq 30 \text{ mm}$

Panjang l_o tidak boleh kurang dari nilai – nilai berikut:

- $1/6$ bentang bersih kolom
 - Dimensi penampang maksimum kolom
 - 450 mm
 - Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $S_o/2$ dari muka joint (S_o adalah spasi maksimum tulangan transversal)
- (SNI 03 – 2847 – 2013, Pasal 21.3.5.2)

3.5 Analisa Data Metode Pelaksanaan pada pekerjaan balok

Pada tahap ini, akan dilakukan penjabaran beberapa item pekerjaan dalam bidang metode pelaksanaannya pada elemen balok.

Tahapan-tahapan pengolahan data sebagai berikut:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan bekisting balok
3. Pekerjaan pembesian balok
4. Pekerjaan pengecoran balok
5. Pekerjaan pembongkaran bekisting

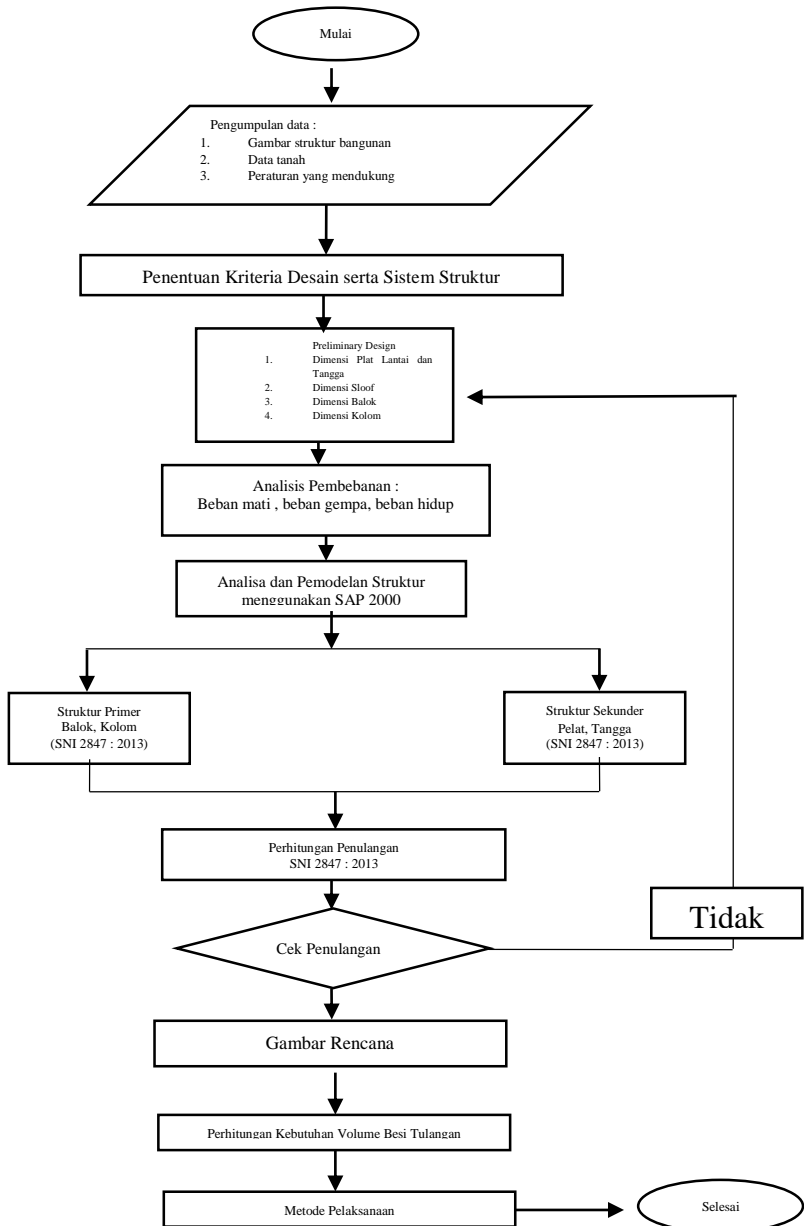
3.6 Gambar Rencana

1. Gambar Arsitektur
 - a. Denah Bangunan

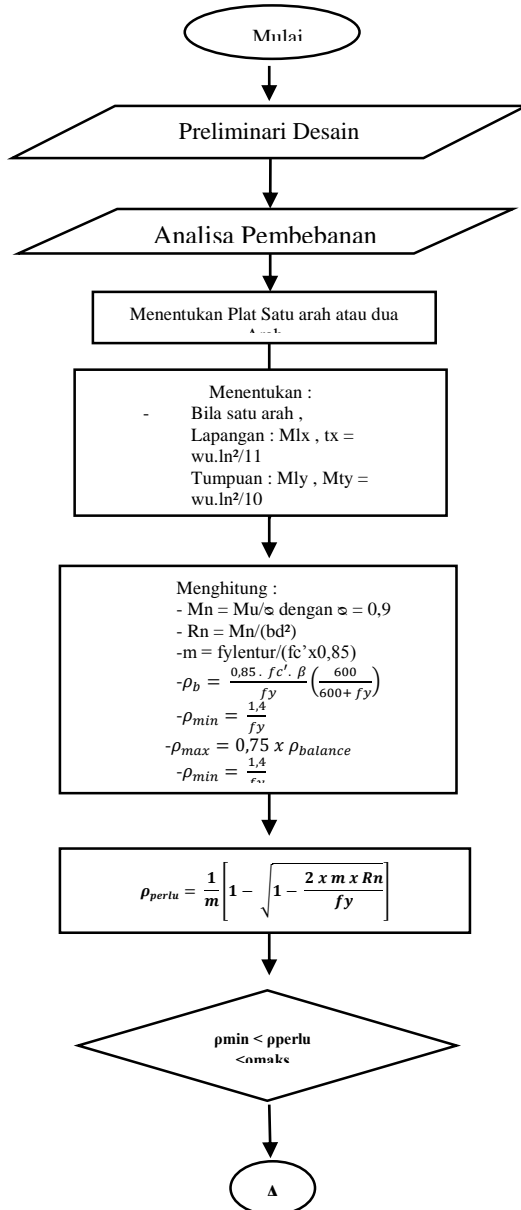
- b. Tampak Bangunan
- c. Denah Tangga
- 2. Gambar Potongan
 - a. Potongan Melintang
 - b. Potongan Memanjang
 - c. Potongan Tangga
- 3. Gambar Penulangan
 - a. Detail Penulangan Plat Lantai
 - b. Detail Penulangan Plat Atap
 - c. Detail Penulangan Tangga
 - d. Detail Penulangan Balok
 - e. Detail Penulangan Kolom
 - f. Detail Penulangan Sloof

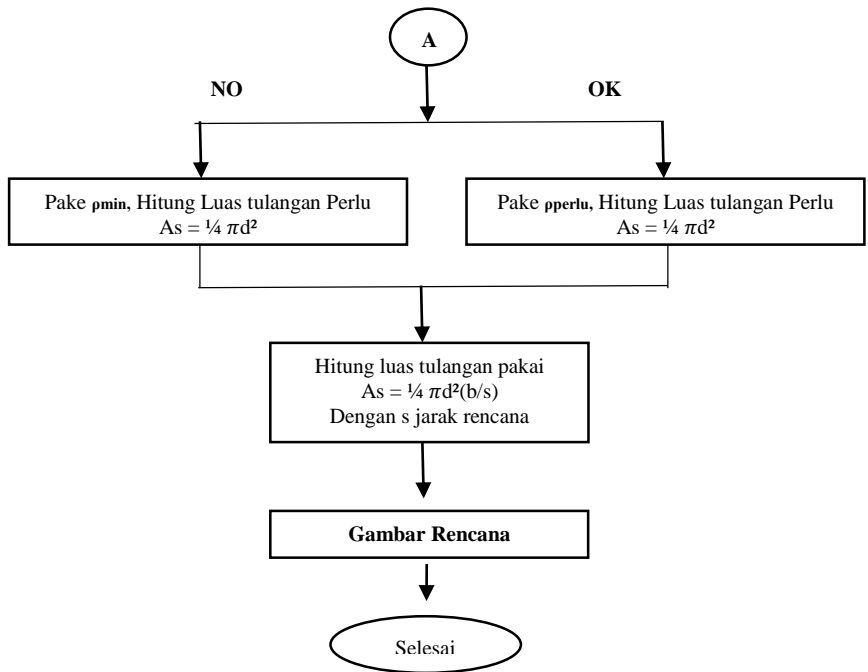
3.7 Flowchart

3.7.1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan



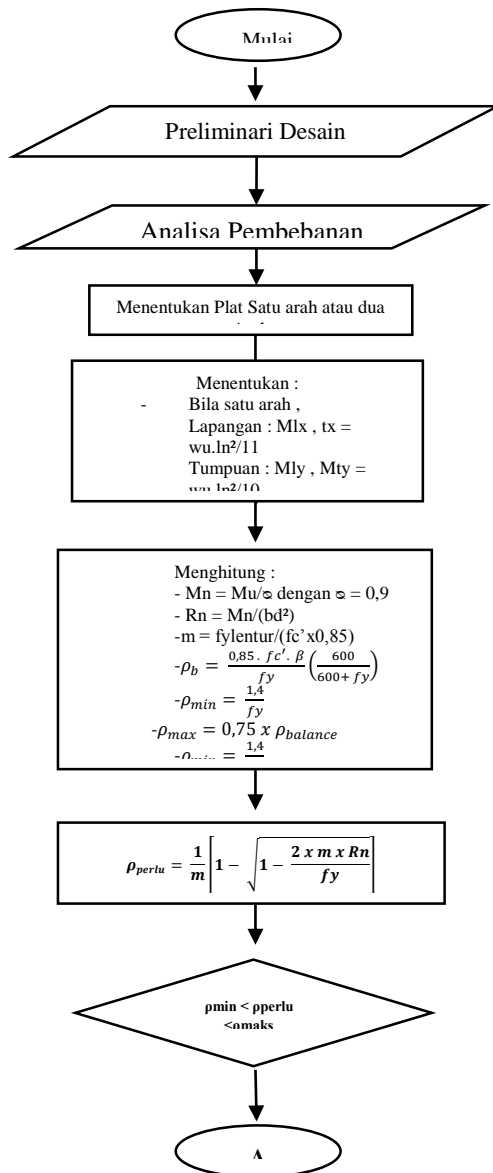
Gambar 3.4 Flowchart perencanaan struktur bangunan
3.7.2 Flowchart Pelat

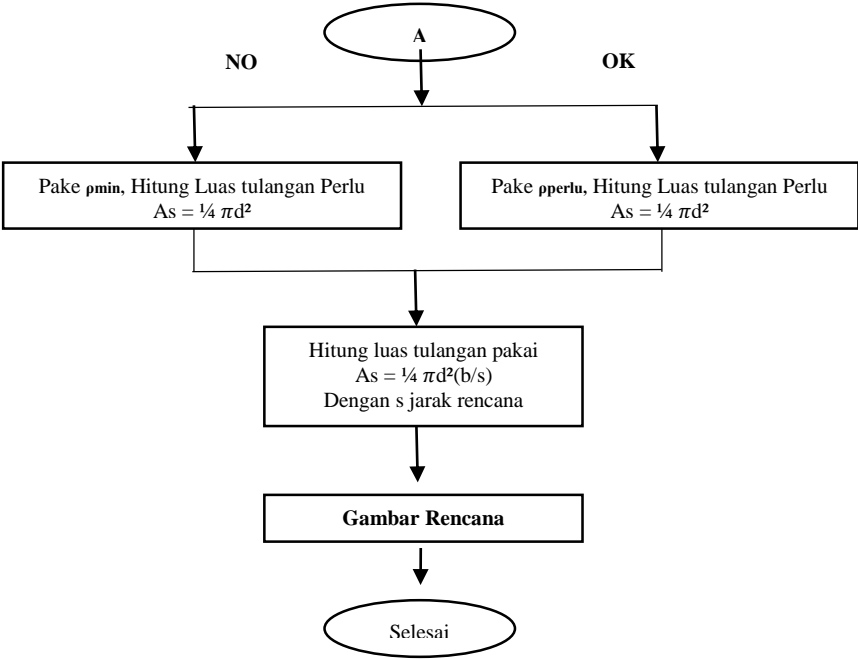




Gambar 3.5 Flowchart Pelat Lantai

3.7.3 Flowchart Tangga

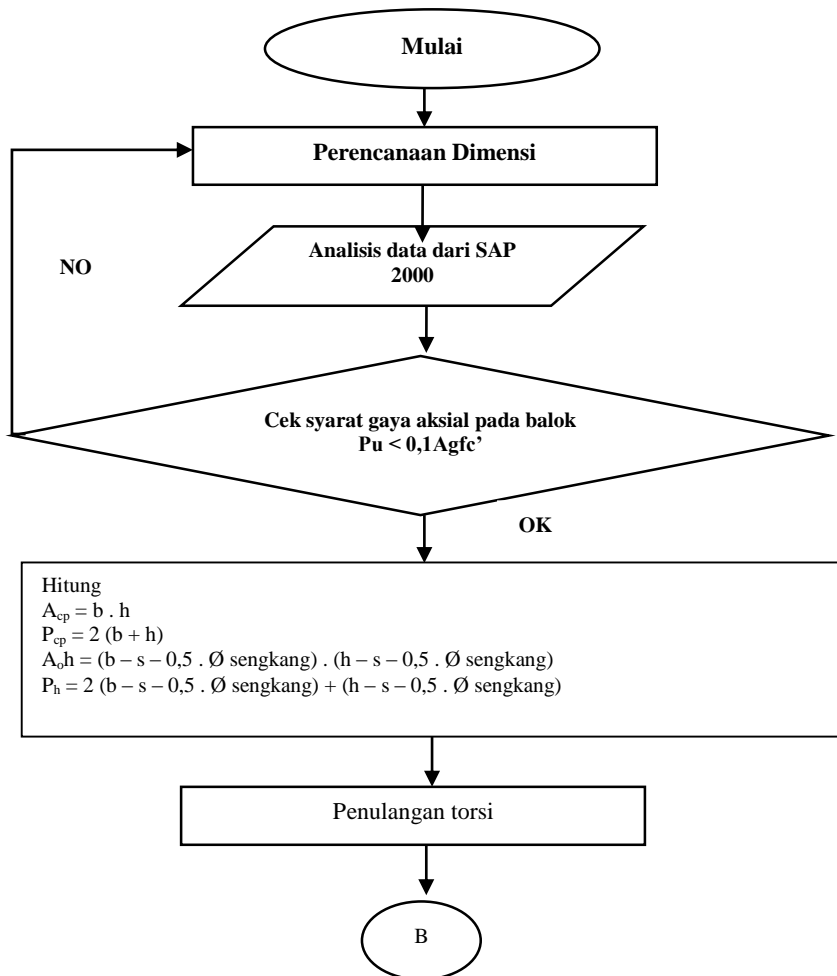


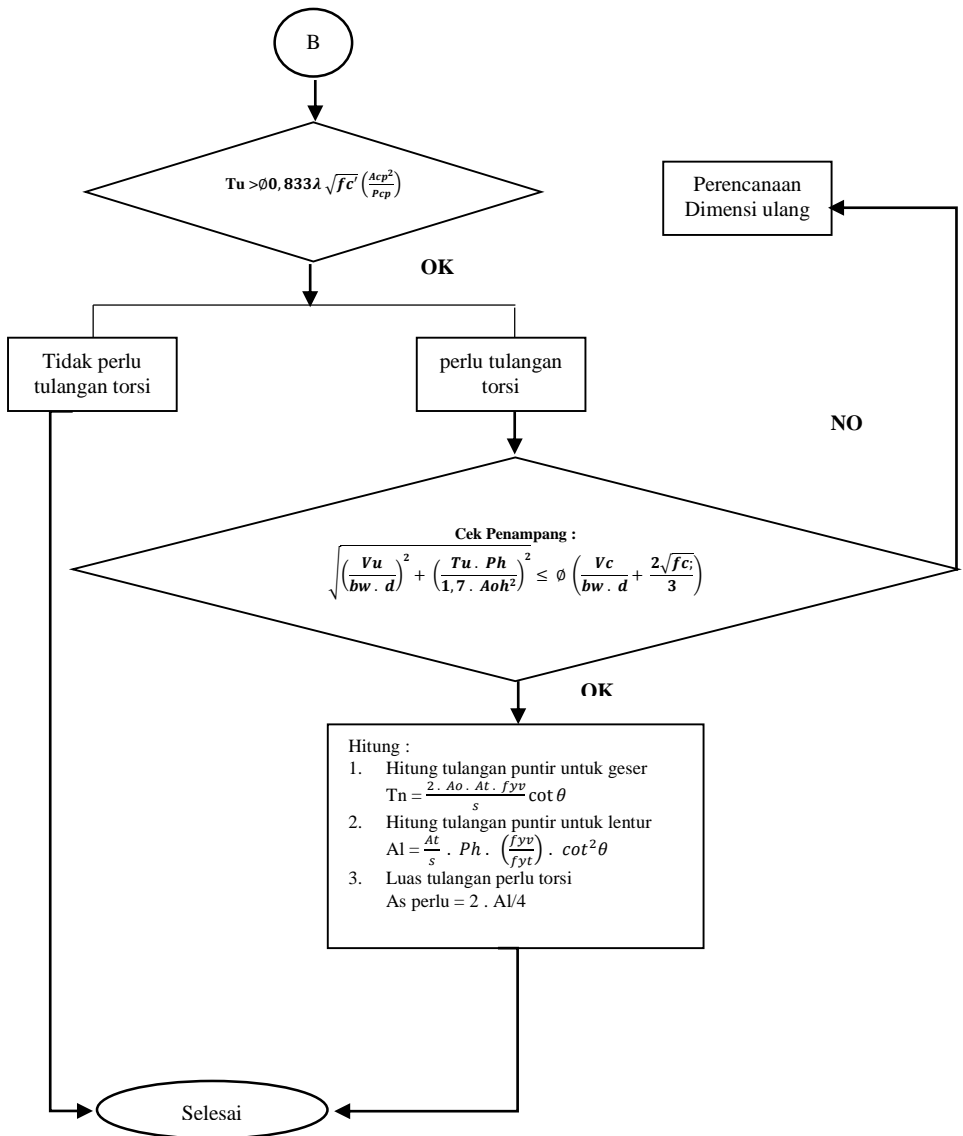


Gambar 3.6 Flowchart pelat tangga

3.7.4 Flowchart Balok

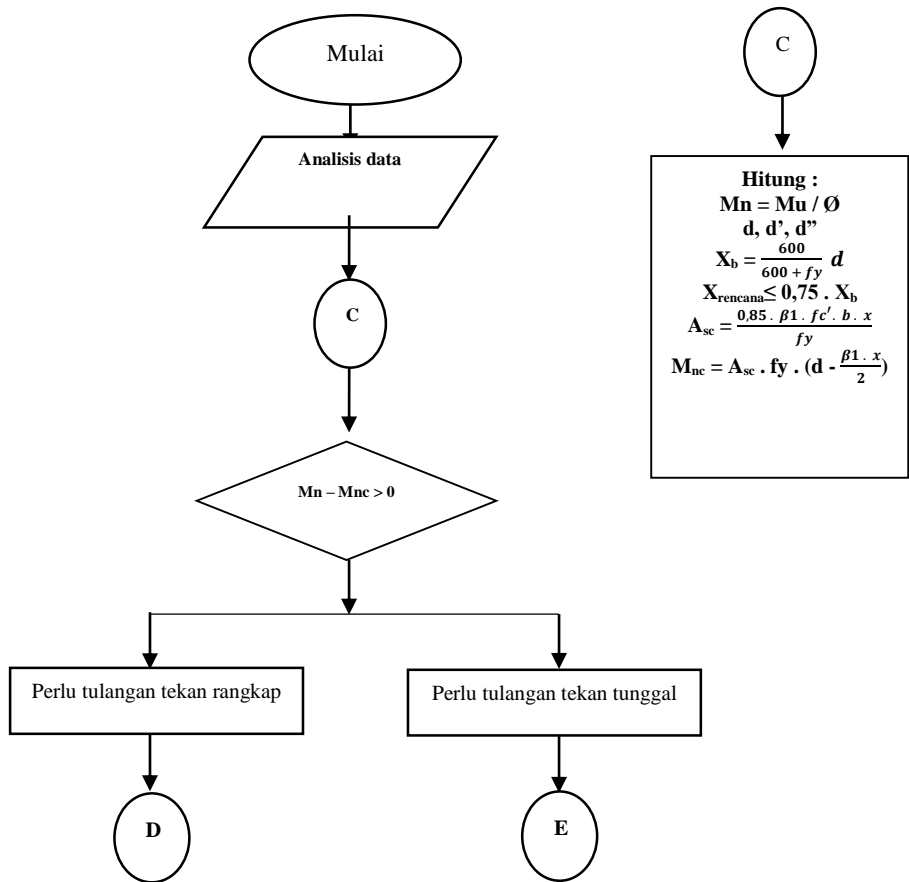
a. Penulangan Torsi

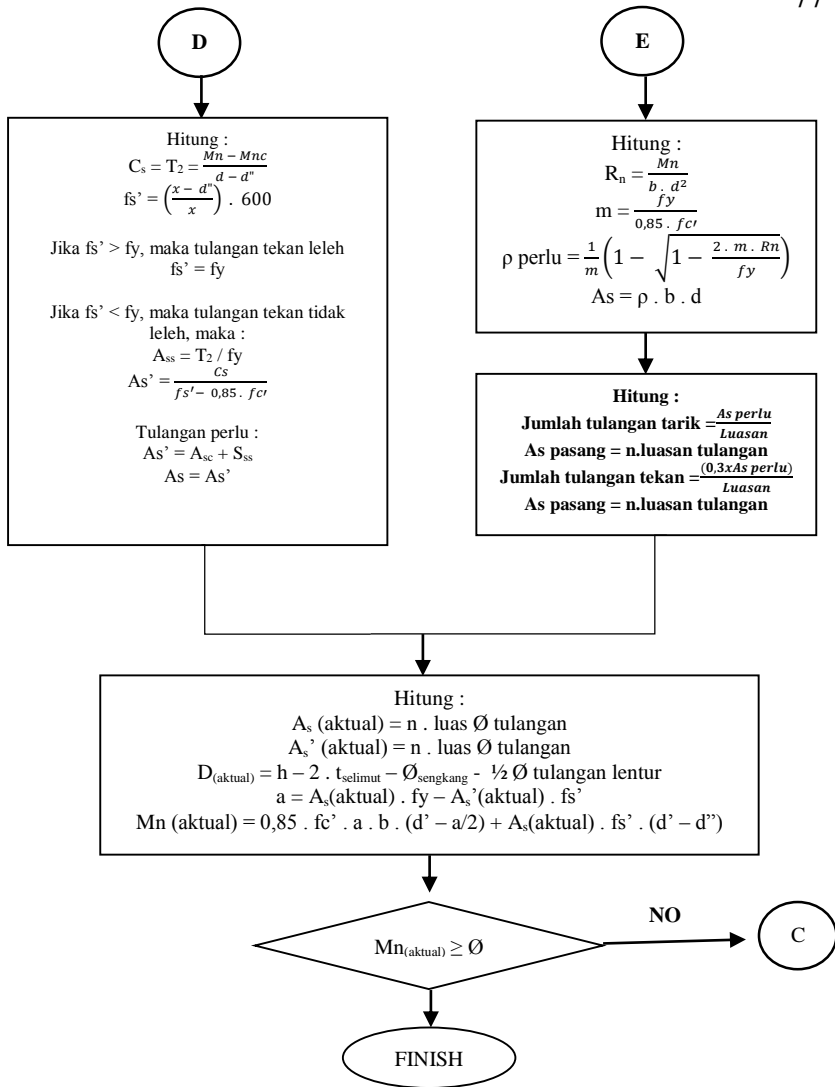




Gambar 3.7. Flowchart Torsi

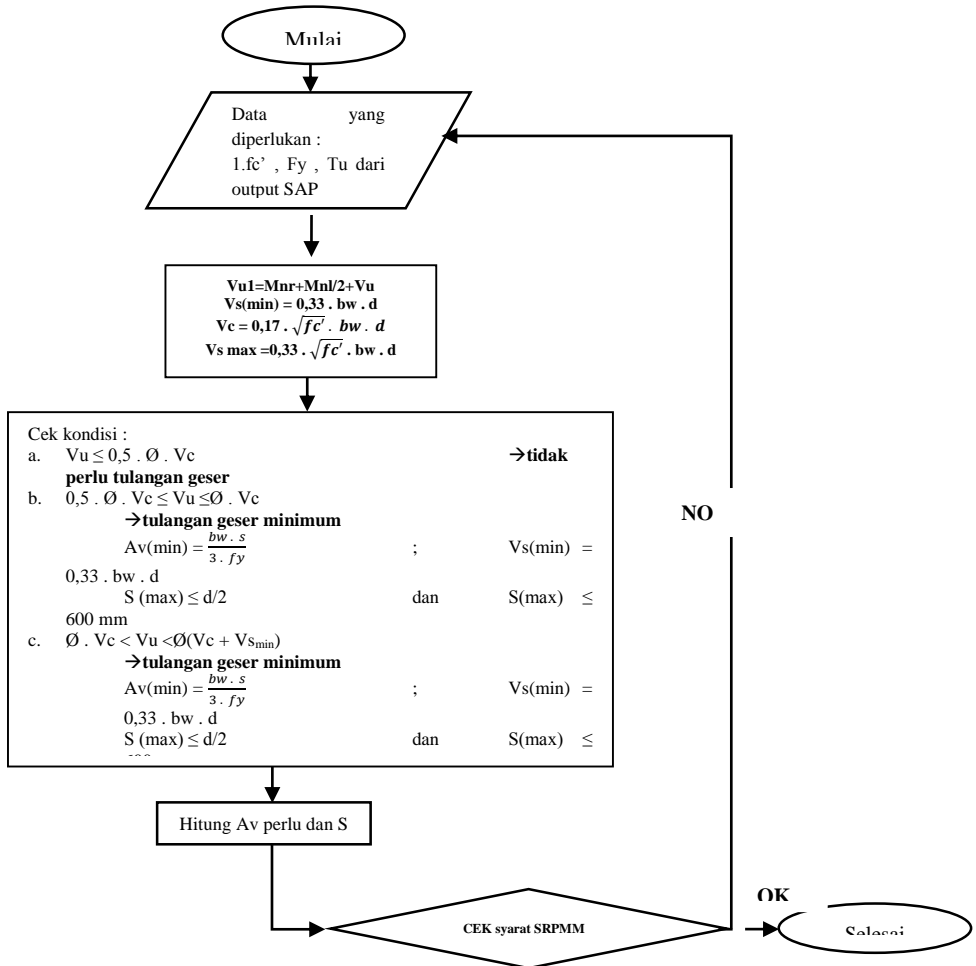
a. Penulangan Lentur





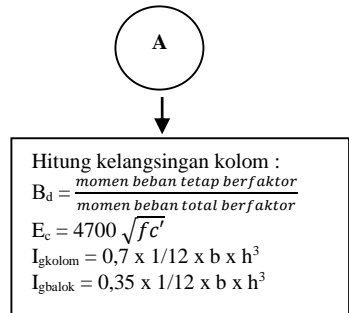
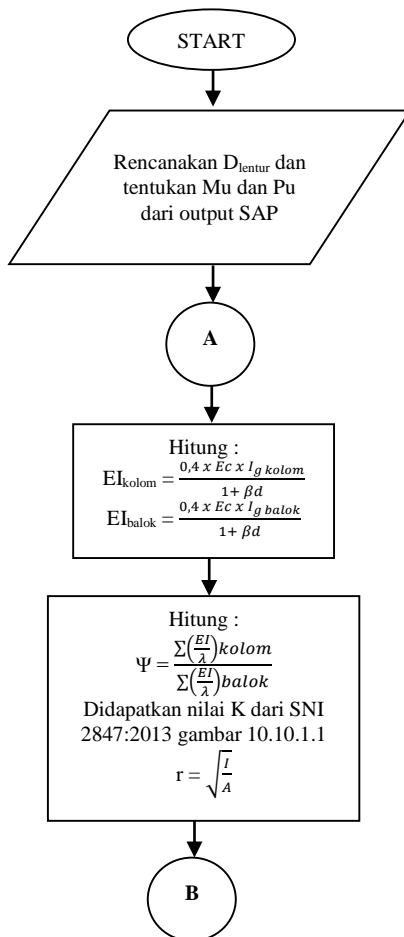
Gambar 3.8 Flowchart lentur balok

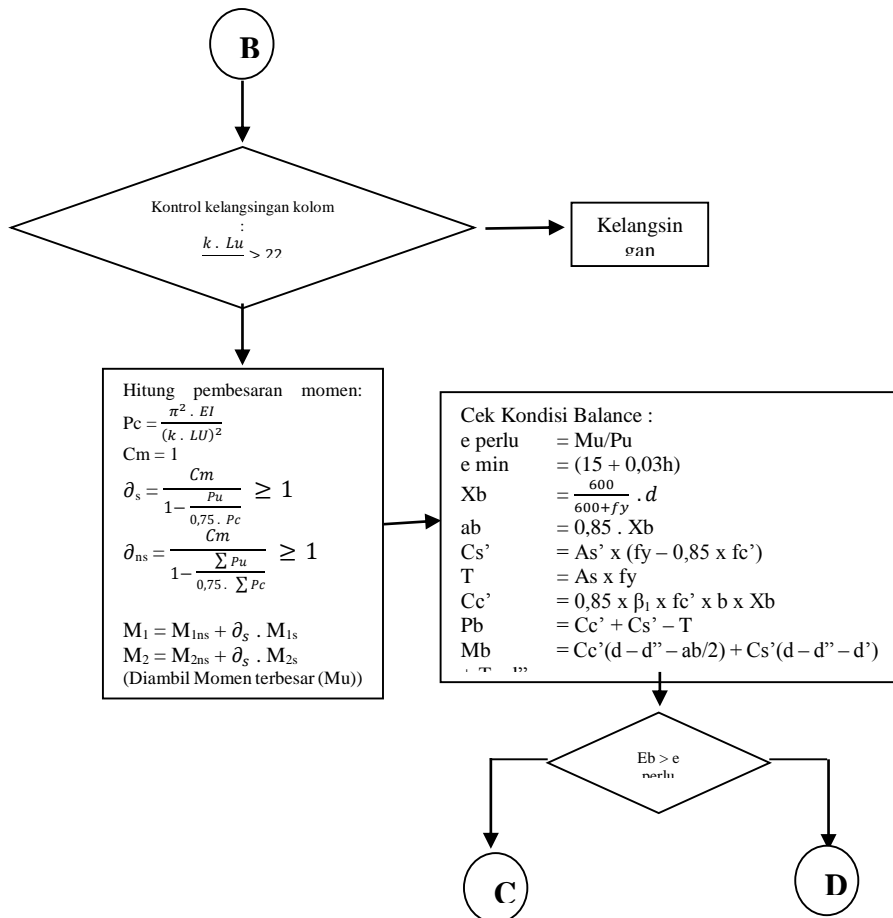
c. Penulangan Geser



Gambar 3.9 Flowchart geser Balok

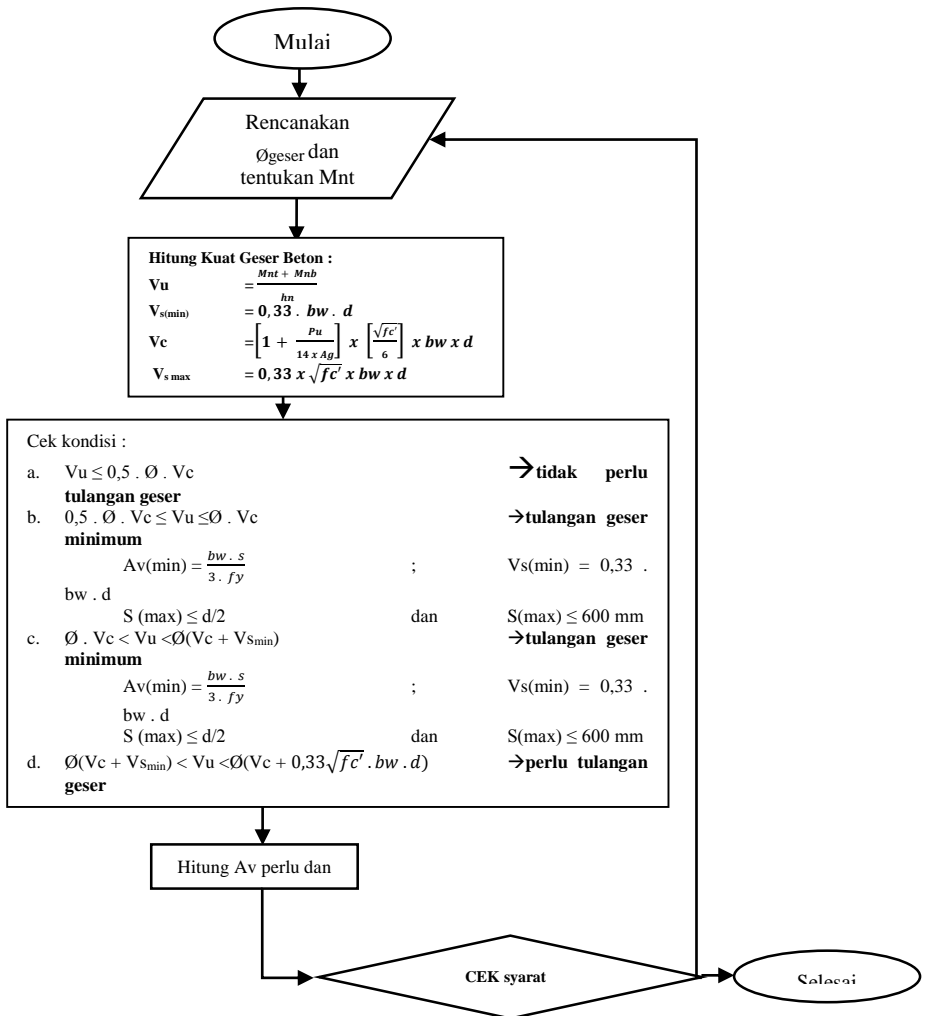
3.7.5 Flowchart Kolom a. Penulangan Lentur





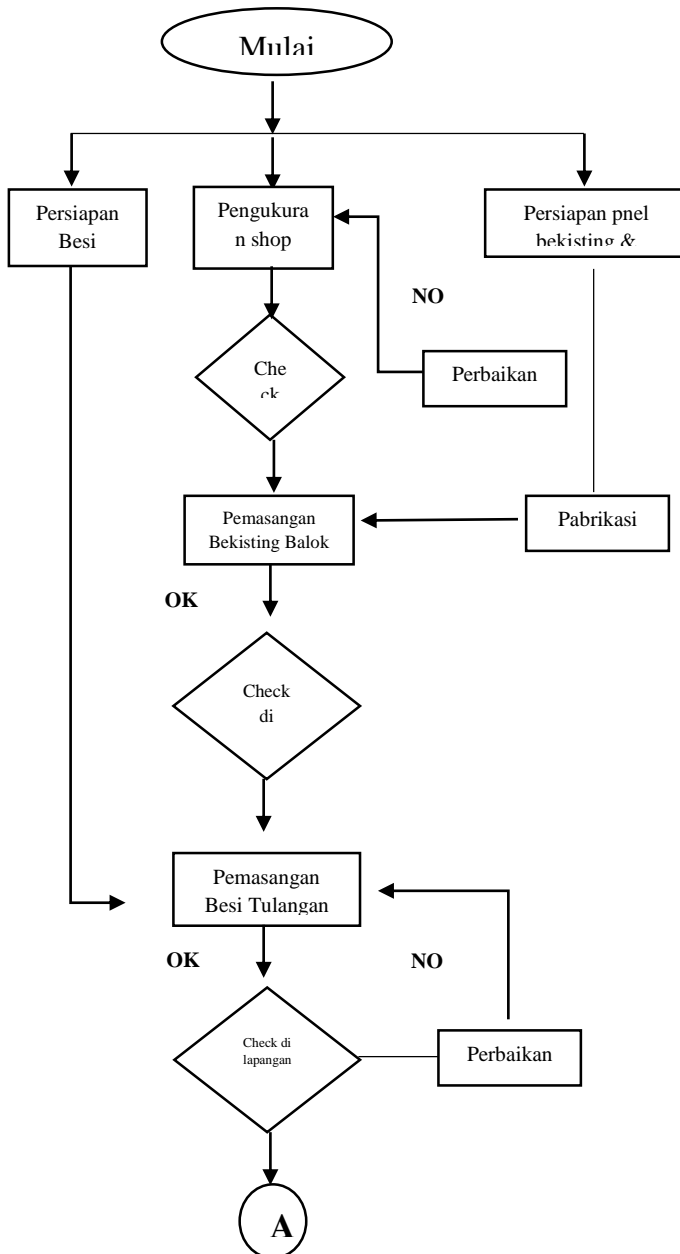
Gambar 3.10 Flowchart kolom lentur

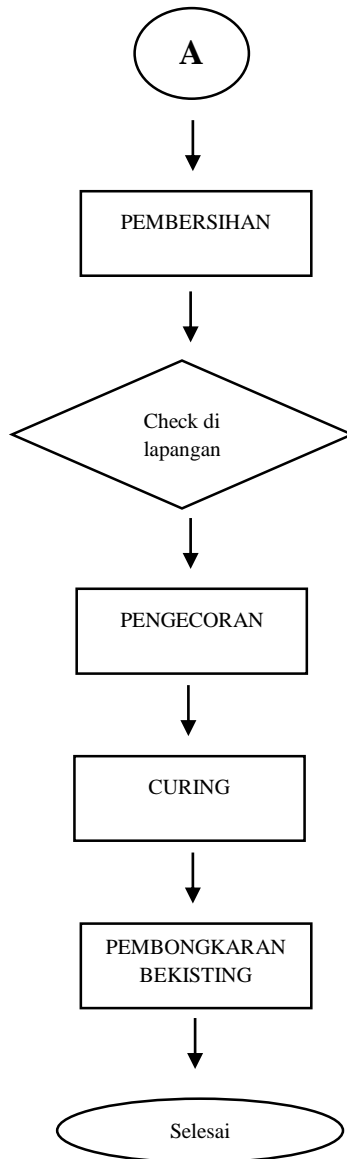
b. Penulangan Geser



Gambar 3.11 Flowchart geser Kolom

3.7.6 Flowchart Metode Pelaksanaan Balok





Gambar 3.12 Flowchart metode pelaksanaan balok

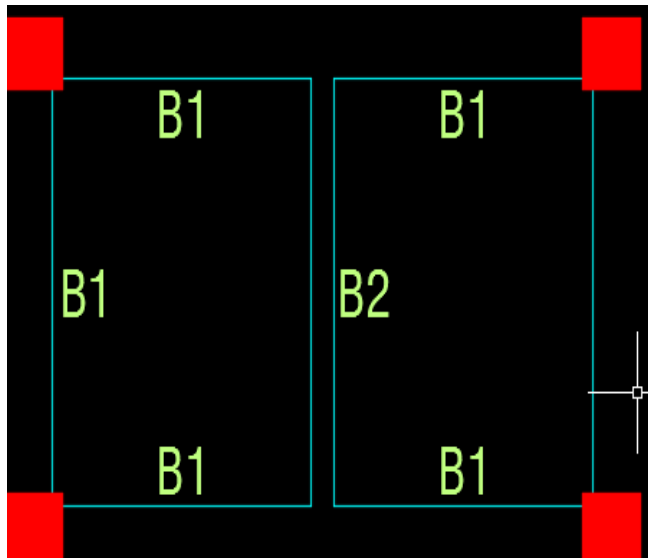
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Desain Struktur Beton

Adapun perencanaan dimensi struktur beton Gedung Rusunawa 5 lantai adalah sebagai berikut,

4.1.1 Pelat Lantai

- Data Perencanaan :
 - Tebal Plat rencana : 12 cm
 - Bentang Panjang : 600 cm
 - Bentang Pendek : 400 cm
 - Kuat tekan Beton : 30 Mpa
 - Kuat Leleh Tulangan : 240 Mpa



Gambar 4.1 Pelat yang ditinjau

- Perhitungan Perencanaan :
 - Bentang bersih sumbu panjang

$$Ln = Ly - \frac{bw}{2} + \frac{bw}{2}$$

$$Ln = 600 - \frac{40}{2} + \frac{40}{2}$$

$$Ln = 560 \text{ cm}$$

- Bentang bersih sumbu pendek (Sn)

$$Sn = Lx - \frac{bw}{2} + \frac{bw}{2}$$

$$Sn = 400 - \frac{40}{2} + \frac{40}{2}$$

$$Sn = 360 \text{ cm}$$

- Rasio bentang bersih sumbu panjang dan pendek

$$\beta n = \frac{Ln}{Sn} = \frac{560}{360} = 1,56 < 2 \text{ (Two way Slab)}$$
- Rasio kekuatan tiap balok terhadap plat
 - a. Balok Sisi Bawah, Kiri, atas Plat



Gambar 4.2 Balok T

- Lebar efektif plat

$$be = bw + 2hw$$

$$be = 40 + 2(60 - 12)$$

$$be = 136 \text{ cm}$$

Atau

$$be = bw + 8hf$$

$$be = 40 + 8(12)$$

$$be = 136 \text{ cm}$$

be yang digunakan 136 cm

- Faktor modifikasi (*Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES G.SALMON 16.4.2.b*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right) x \left(4 - 6 \left(\frac{hf}{h}\right) + 4 \left(\frac{hf}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right) x \left(4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{60} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right)^3}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) x \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$= 1,50$$

- Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned} I_b &= k \times bw \times \left(\frac{h}{t}\right)^3 \\ &= 1,5 \times 40 \times \left(\frac{60}{12}\right)^3 \\ &= 1080419 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

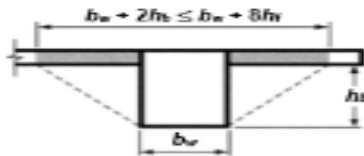
- Momen Inersia Lajur Plat

$$\begin{aligned} I_p &= bp \times \frac{t^3}{12} \\ &= \frac{300+400}{2} \times \frac{12^3}{12} \\ &= 50400 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap plat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1080419}{50400} = 21,44$$

- b. Balok Sisi Kanan



Gambar 4.3 Balok T

- Lebar efektif plat

$$b_e = b_w + 2h_w$$

$$b_e = 25 + 2(40 - 12)$$

$$b_e = 81 \text{ cm}$$

atau

$$b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 25 + 8(12)$$

$$b_e = 121 \text{ cm}$$

be yang digunakan 81 cm

- Faktor modifikasi (*Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES G.SALMON 16.4.2.b*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right) x \left(4 - 6 \left(\frac{hf}{h}\right) + 4 \left(\frac{hf}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) x \left(\frac{12}{40}\right) x \left(4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) x \left(\frac{12}{40}\right)^3}{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) x \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$= 1,76$$

- Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned} I_b &= k \times bw \times \left(\frac{h}{t}\right)^3 \\ &= 1,76 \times 25 \times \left(\frac{40}{12}\right)^3 \\ &= 234545,5 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Lajur Plat

$$\begin{aligned} I_p &= b_p \times \frac{t^3}{12} \\ &= \frac{250+400}{2} \times \frac{12^3}{12} \\ &= 46800 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap plat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{234545,5}{46800} = 5,01$$

- Rasio rata-rata

$$\begin{aligned} \alpha_m &= (\alpha_1 \times 3 + \alpha_2) / 4 \\ &= (21,44 \times 3 + 5,01) / 4 \\ &= 17,33 > 2 \text{ OK} \end{aligned}$$

- Kontrol tebal plat

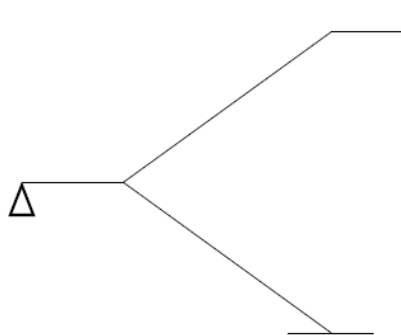
$$lnx \frac{0,8 + \frac{fy}{1400}}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

$$560 \frac{0,8 + \frac{400}{1400}}{36 + 9(1,6)} \geq 90 \text{ mm}$$

$$121 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm}$$

Maka digunakan tebal 120 mm

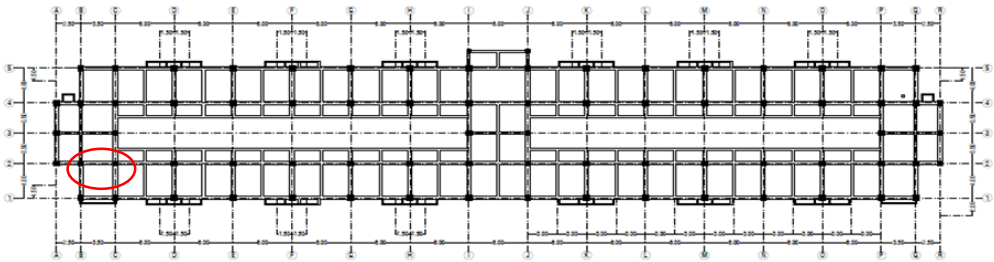
4.1.2 Pelat Tangga



Gambar 4.4 Sketsa tangga

- Data Perencanaan :
 - Panjang datar tangga (L) : 300 cm
 - Panjang plat bordes (P) : 160 cm
 - Tinggi tangga : 447 cm
 - Tinggi plat Bordes (T) : 265 cm
 - Tebal plat tangga : 15 cm
 - Tebal plat bordes : 15 cm
 - Lebar injakan (i) : 30 cm
 - Tinggi injakan (t) : 18 cm

- Denah perencanaan gambar



Gambar 4.4 Tangga yang ditinjau

- Perhitungan Perencanaan :

- Panjang miring tangga

$$\sqrt{L^2 + T^2} = \sqrt{300^2 + 200^2} = 400,28 \text{ cm}$$

- Panjang miring anak tangga

$$\sqrt{t^2 + i^2} = \sqrt{18^2 + 30^2} = 34,98 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan

$$n = \frac{T}{t} = \frac{265}{18} = 14,72$$

$$n = \frac{T}{t} = \frac{182}{18} = 10,11$$

Jadi jumlah anak tangga yang dibutuhkan 24 tanpa bordes.

- Sudut kemiringan tangga

$$25 \leq \alpha \leq 40$$

$$25 \leq \arctan \left(\frac{t}{i} \right) \leq 40$$

$$25 \leq \arctan \left(\frac{18}{30} \right) \leq 40$$

$$25 \leq 31,76 \leq 40 \quad \text{OK}$$

- Tebal plat ekivalen tangga :

$$T_{pe} = \frac{t \cdot i}{\text{miring anak tangga}}$$

$$T_{pe} = \frac{18 \times 30}{34,98}$$

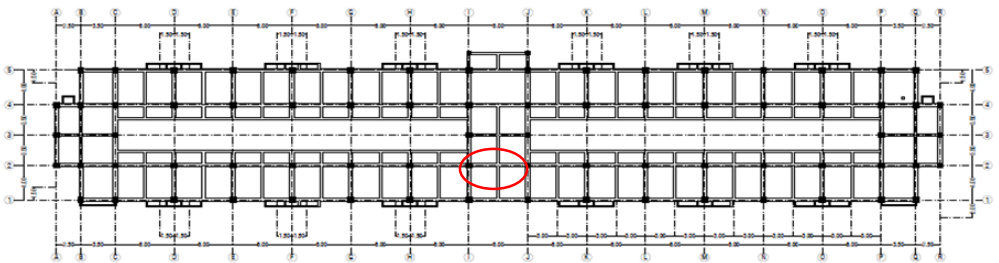
$$= 15,44 \text{ cm}$$

- Tebal efektif plat
- Tag $= T_{pe} \cdot \frac{2}{3} \leq p_t$
- $= 15,44 \cdot \frac{2}{3} \leq 15$
- $= 10,29 \leq 15 \quad \text{OK}$

Maka digunakan tebal 15 cm

4.1.3 Balok Induk

- Data Perencanaan :
 - Tipe Balok : B1
 - As Balok : C2 – D2
 - Bentang Balok (L balok) : 600 cm
 - Kuat Leleh Tulangan Lentur: 400 Mpa
- Gambar Perencanaan :



Gambar 4.5 Balok yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

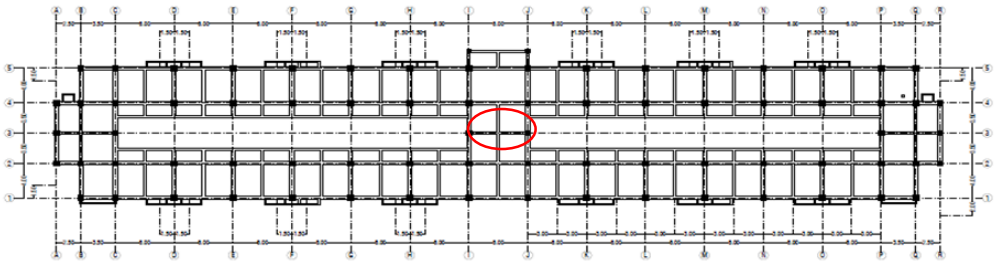
$$h = \frac{L}{16} = \frac{600}{16} = 37,5 \sim 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}60 = 40 \text{ cm}$$

Jadi digunakan ukuran balok 40/60

4.1.4 Balok Anak

- Data Perencanaan :
 - Tipe Balok : B2
 - As Balok : A3 – C3
 - Bentang Balok : 600 cm
 - Kuat Leleh Tulangan Lentur: 400 Mpa
- Gambar Perencanaan :



Gambar 4.6 Balok anak yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

$$h = \frac{L}{21} = \frac{600}{21} = 28,7 \sim 40 \text{ cm}$$

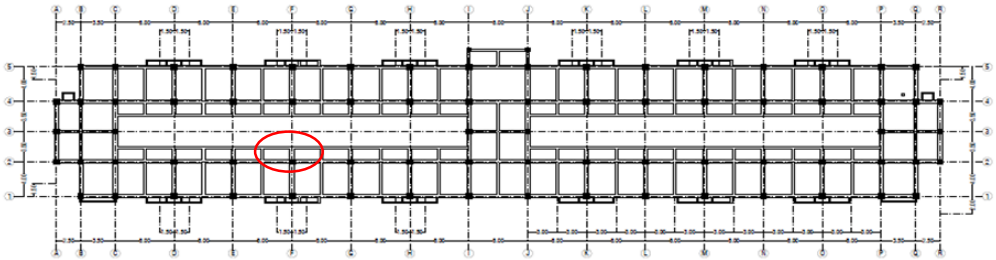
$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}40 = 25 \text{ cm}$$

Jadi digunakan ukuran balok 25/40.

4.1.5 Balok Anak Balkon

- Data Perencanaan :
 - Tipe Balok : B3
 - As Balok : C23' -D23'

- Bentang Balok : 600 cm
- Kuat Leleh Tulangan Lentur: 400 Mpa
- Gambar Perencanaan :



Gambar 4.7 Balok yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

$$h = \frac{L}{21} = \frac{600}{21} = 28,7 \sim 30 \text{ cm}$$

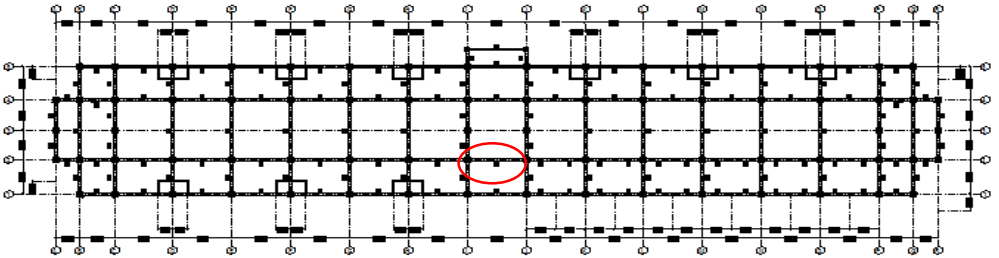
$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}30 = 20 \text{ cm}$$

Jadi digunakan ukuran balok 20/30.

4.1.6 Sloof

- Data Perencanaan :
 - Tipe Balok : S1
 - As Balok : C2 – D2
 - Bentang Balok : 600 cm
 - Kuat Leleh Tulangan Lentur : 400 Mpa

- Gambar Perencanaan :



Gambar 4.8 Sloof yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

$$h = \frac{L}{16} = \frac{600}{16} = 37,5 \sim 50 \text{ cm}$$

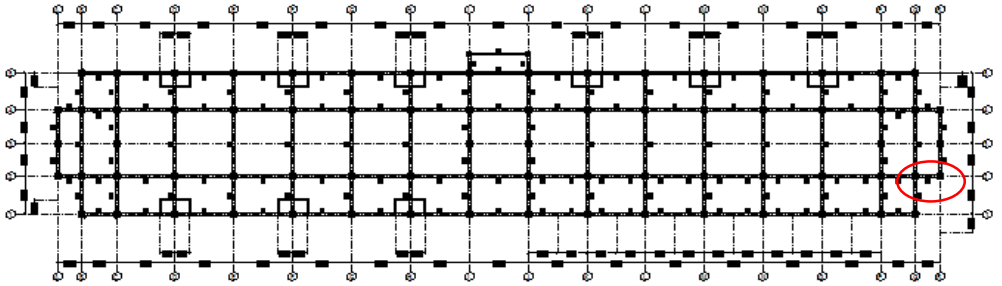
$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 50 = 33,3 \sim 30 \text{ cm}$$

Jadi digunakan ukuran 30/50.

4.1.7 Sloof

- Data Perencanaan :
 - Tipe Balok : S2
 - As Balok : K1' – KL'1'
 - Bentang Balok : 600 cm
 - Kuat Leleh Tulangan Lentur : 400 Mpa

- Gambar Perencanaan :



Gambar 4.9 Sloof yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

$$h = \frac{L}{16} = \frac{600}{16} = 37,75 \sim 40 \text{ cm}$$

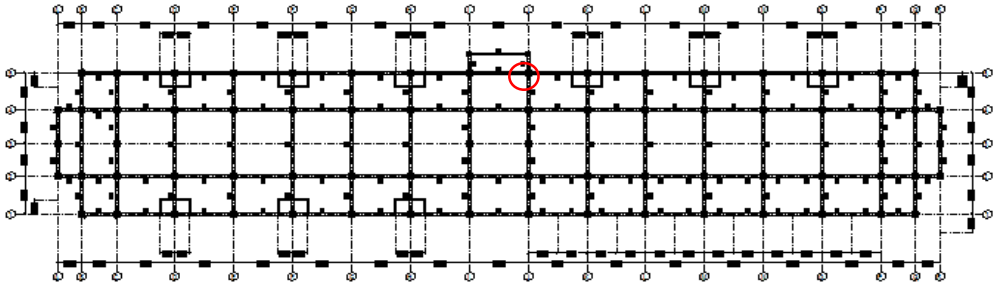
$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}40 = 26,67 \text{ cm} \sim 25 \text{ cm}$$

Jadi digunakan ukuran 25/40

4.1.8 Kolom

- Data Perencanaan :
 - Tipe Kolom : K1
 - Tinggi Kolom : 447 cm
 - As Balok : 5-J
 - Bentang Balok : 600 cm
 - Dimensi b balok : 40 cm
 - Dimensi h balok : 60 cm
 - Kuat Leleh Tulangan Lentur : 400 Mpa

- Gambar Perencanaan :



Gambar 4.10 Kolom yang ditinjau

- Perhitungan Perencanaan :

$$I_{balok} = \frac{1}{12} b x h^3 = \frac{1}{12} x 40 x 60^3 = 720000 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} I_{kolom} &= \frac{L_{kolom} \times I_{balok}}{L_{balok}} \\ &= \frac{447 \text{ cm} \times 720000 \text{ cm}^4}{600 \text{ cm}} \\ &= 536400,0 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

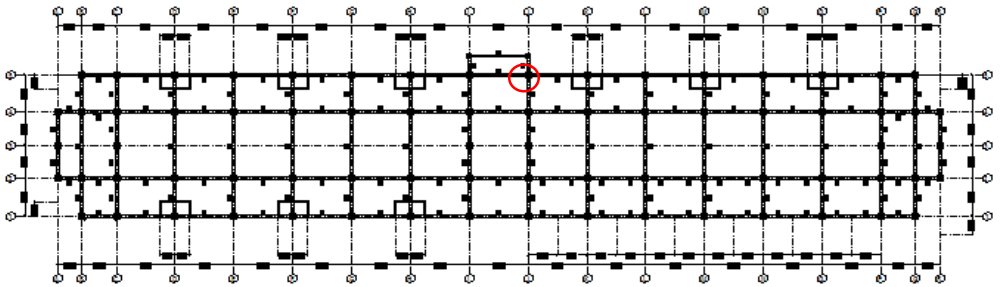
Direncanakan kolom $b=h$

$$\begin{aligned} I_{kolom} &= \frac{1}{12} h x h^3 \\ 536400 \text{ cm}^4 &= \frac{1}{12} h^4 \\ h^4 &= 6436800 \text{ cm}^4 \\ h &= 50,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Digunakan ukuran kolom 60/60

4.1.9 Kolom

- Data Perencanaan :
 - Tipe Kolom : K2
 - Tinggi Kolom : 265 cm
 - As Balok : 5"- J
 - Bentang Balok : 600 cm
 - Dimensi b balok : 250 cm
 - Dimensi h balok : 40 cm
 - Kuat Leleh Tulangan Lentur : 400 Mpa
 - Gambar Perencanaan :



Gambar 4.11 Kolom yang ditinjau

- Perhitungan Perencanaan :

$$I_{balok} = \frac{1}{12} b x h^3 = \frac{1}{12} x 25 x 40^3 = 133333,33 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{kolom} &= \frac{L_{kolom} \times I_{balok}}{L_{balok}} \\
 &= \frac{265 \text{ cm} \times 133333,33 \text{ cm}^4}{600 \text{ cm}} \\
 &= 58888.89 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Direncanakan kolom $b=h$

$$I \text{ kolom} = \frac{1}{12} h x h^3$$

$$58888,89 \text{ cm}^4 = \frac{1}{12} h^4$$

$$h^4 = 706666,65 \text{ cm}^4$$

$$h = 28,99 \text{ cm}$$

Digunakan ukuran kolom 40/40

4.2 Perhitungan Pembebanan

4.2.1 Pembebanan Pelat

Pelat adalah konstruksi 2 dimensi, yaitu dimensi – dimensi panjang pada 2 arah sumbu, yang biasanya disebut panjang (l_y) dan lebar (l_x). Pelat tidak seperti balok, karena pada pelat terjadi momen – momen pada kedua sumbu bidangnya. Pada keadaan tertentu, pelat bisa dianggap konstruksi satu arah, tetapi secara umum pelat adalah merupakan konstruksi dua arah.

Pembebanan pelat disesuaikan dengan SNI 1727 dan untuk menghitung kebutuhan pelat mengacu pada SNI 2847:2013. Untuk beban – beban yang bekerja pada pelat lantai dan pelat atap sebagai berikut,

1. Beban Lantai

A. Beban Mati

- Berat Plat	= 288 kg/m ²
- Spesi	= 12 kg/m ²
- Keramik	= 15 kg/m ²
- Plafon	= 6,4 kg/m ²
- Penggantung	= 6 kg/m ²
- Instalansi Listrik	= 9 kg/m ²
- Plumbing	= 15 kg/m ²
- Wiremesh (Lantai 1)	= 5.2 kg/m ²

B. Beban Hidup

- Rumah Tinggal	=200 kg/m ²
- Koridor	=479 kg/m ²
- Gudang	=100 kg/m ²

2. Beban Atap

A. Beban Mati Atap

- Berat Plat	=288 kg/m ²
- Plafon	=6,4 kg/m ²
- Penggantung	=6 kg/m ²
- Instalansi Listrik	=9 kg/m ²
- Plumbing	=15 kg/m ²
- Aspal	=10,5 kg/m ²

B. Beban Hidup Atap

- Beban Hidup Atap	= 96 kg/m ²
- Beban Hujan	= 24,5 kg/m ²

4.2.2 Pembebanan Tangga

Pada pembebanan tangga tidak berbeda jauh dengan pelat pada lantai dan atap yang mengacu pada SNI 1727. Karena struktur pelat adalah struktur sekunder, dalam perencanaannya hanya akan menerima beban mati dan beban hidup saja yang sesuai dengan SNI 2847:2013. Untuk beban – beban yang bekerja pada tangga dan bordes tipe I adalah sebagai berikut,

1. Beban pada tangga

A. Beban Mati

- Berat Plat	=288 kg/m ²
- Berat Dinding merata	=2,03 kg/m ²
- Keramik	=15 kg/m ²
- Spesi	=12 kg/m ²

- Berat Railing $= 4,28 \text{ kg/m}^2$

B.Beban Hidup

-Beban Tangga $= 479 \text{ kg/m}^2$

2. Beban Bordes

A.Beban Mati

- Berat Plat $= 288 \text{ kg/m}^2$

- Keramik $= 15 \text{ kg/m}^2$

- Spesi $= 12 \text{ kg/m}^2$

B.Beban Hidup

- Beban hidup Bordes $= 479 \text{ kg/m}^2$

4.2.3 Pembebanan Dinding

Bagian struktur dinding tidak dimasukkan dalam program SAP sehingga bebannya di bebaskan pada struktur balok. Pendistribusian bebannya pada balok merupakan distribusi beban mati.

Tetapi sebelumnya, beban dinding harus dijadikan sebagai beban balok. Karena beban dinding memiliki bentuk luasan dan sedangkan beban balok berupa beban merata.

Untuk komponen penyusunan beban dinding terdiri dari beban dinding bata ringan sebesar 60 kg/m^2 , plesteran D200 sebesar 20 kg/m^2 , dan acian NP S450 sebesar 3 kg/m^2 .

a. Beban Merata Lantai 1

$$= H1 \times \text{Berat Beban kg/m}^2$$

$$= 4,47 \text{ m} \times 83 \text{ kg/m}^2$$

$$= 371 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban Merata Lantai 2

$$= H2 \times \text{Berat Beban kg/m}^2$$

- $$= 3,5 \text{ m} \times 83 \text{ kg/m}^2$$
- $$= 291 \text{ kg/m}^2$$
- c. Beban Merata Lantai 3
- $$= H_3 \times \text{Berat Beban kg/m}^2$$
- $$= 3,5 \text{ m} \times 83 \text{ kg/m}^2$$
- $$= 291 \text{ kg/m}^2$$
- d. Beban Merata Lantai 4
- $$= H_4 \times \text{Berat Beban kg/m}^2$$
- $$= 3,5 \text{ m} \times 83 \text{ kg/m}^2$$
- $$= 291 \text{ kg/m}^2$$
- e. Beban Merata Lantai 5
- $$= H_5 \times \text{Berat Beban kg/m}^2$$
- $$= 3,5 \text{ m} \times 83 \text{ kg/m}^2$$
- $$= 291 \text{ kg/m}^2$$

Total Berat dinding = 1533 kg/m²

4.2.4 Beban Air Hujan

- ds = Kedalaman air yang melendut
- $$= 20 \text{ mm}$$
- dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut
- $$= 5 \text{ mm}$$
- R = 0,0098(ds + dh)
- $$= 0,0098(20 + 5)$$
- $$= 0,245 \text{ KN/m}^2$$
- $$= 24,5 \text{ kg/m}^2$$

4.2.5 Beban Angin

Berikut data – data pada perencanaan gedung Rusunawa sebagai berikut,

a. Kategori resiko

Mengacu pada SNI 1727-2013 Tabel 1.5-1 dan didapatkan data bangunan ini termasuk kategori resiko 2

Tabel 4 1 Kategori resiko

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II

(SNI 1727-2013 Tabel 1.5-1)

b. Kecepatan angin dasar (V)

Data kecepatan angin dasar didapatkan dari BMKG Jawa Timur <http://meteo.bmkg.go.id> . Sehingga didapatkan nilai $V=8,3$ m/s

c. Faktor arah angin (k_d)

Sesuai SNI 1727-2013 pasal 26.6-1 sehingga $K_d = 0,85$

Tabel 4 2 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85

(SNI 1727-2013 pasal 26.6 dan tabel 26.6-1)

d. Kategori eksposur

Ditentukan B sebagaimana sesuai SNI 1727-2013 Pasal 26.7

e. Faktor topografi

Diambil nilai 1 karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan, Sesuai SNI 1727-2013 Pasal 26.8.2 dan gambar 26.8.1 . Sehingga $K_{zt} = 1$

Tabel 4 3 Faktor Topografi (K_{zt})

Parameter untuk peningkatan kecepatan di atas bukit dan tebing						
Bentuk bukit	$K1/(H/Lh)$			γ	μ	
	Eksposur				Sisi angina datang dari puncak	Sisi angin pergi dari puncak
	B	C	D			
Bukit memanjang 2-dimensi (atau lembah dengan negatif H dalam $K1/(H/Lh)$)	1,30	1,5	1,55	3	1,5	1,5
Tebing 2-dimensi	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4

Bukit simetris dimensi	3-	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5
------------------------------	----	------	------	------	---	-----	-----

(SNI 1727-2013 Pasal 26.8.2)

f. Faktor efek tiupan angin

- Sesuai SNI 1727-2013 Pasal 26.9 yang berbunyi, “Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.” Sehingga nilai $G = 0,85$

g. Tipe Bangunan = Tertutup
Sesuai SNI 1727-2013 Pasal 26.10

h. Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

$$= +0,018$$

$$-0,018$$

Sesuai SNI 1727-2013 Pasal 26.11 dan tabel 26.11-1

Tabel 4 4 Koefisien tekanan internal (G_{cpi})

Sistem Penahan Beban Angin Utama dan Komponen danKlading		Semua Ketinggian
Tabel 26.11-1 Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi})		Dinding & Atap
Bangunan Tertutup, Tertutup Sebagian, dan Terbuka		
Klasifikasi Keterutupan	(GC_{pi})	
Bangunan gedung terbuka	0,00	
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55	
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18	

Catatan:

1. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.
2. Nilai (GC_{pi}) harus digunakan dengan q_{atau} seperti yang ditetapkan.
3. Dua kasus harus dipertimbangkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai:
 - (i) nilai positif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
 - (ii) nilai negatif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal

(SNI 1727-2013 Tabel 26.11-1)

i. Koefisien eksposur tekanan velositas
Berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 27.3-1

Tabel 4 5 Koefisien eksposur tekanan velositas (Kh dan Kz)

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan:

- Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:
Untuk $15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft.}$

$$K_z = 2,01(z/z_g)^{2\alpha} \quad K_z = 2,01(15/z_g)^{2\alpha}$$
- α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
- Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

(SNI 1727-2013 Tabel 27.3-1)

Tinggi Bangunan (z) = 18,06 m

Interpolasi nilai z :

Nilai Kz dan nilai Kh didapatkan nilai sebagai berikut

$$K_z = 0,856$$

$$K_h = 0,858$$

Tabel 4 6 Konstanta Eksposur Daratan

Eksposur	α	Z_g (ft)	\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	Dalam metrik		
								ℓ (ft)	Ξ	Z_{min} (m)*
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

* Z_{min} = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen \bar{Z} yang lebih besar dari 0,6h atau Z_{min} .

Untuk bangunan gedung dengan $h \leq Z_{min}$, \bar{Z} harus diambil sebesar Z_{min} .

(SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1)

j. Tekanan Velositas (q_z)

Sesuai SNI 1727-2013 Pasal 27.3.2 menggunakan persamaan sebagai berikut,
 $q_z = 0,00256 K_z K_{zt} K_d V_2 (lb/ft^2)$.

Tapi dalam perhitungan ini menggunakan persamaan dalam SI yaitu

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V_2 (N/m^2)$$

$$\begin{aligned} q_z &= 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \\ &= 0,613 \times 0,856 \times 1 \times 0,85 \times 69,44 \\ &= 30,99 \text{ N/m}^2 \\ &= 3,10 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_h &= 0,613 \cdot K_h \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \\ &= 0,613 \times 0,858 \times 1 \times 0,85 \times 69,44 \\ &= 31,06 \text{ N/m}^2 \\ &= 3,11 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

k. Koefisien tekanan eksternal

Nilai ini berdasarkan SNI 1727-2013

Gambar 27.4-1

Sistem Penahan Beban Angin Utama – Bagian 1									
Gambar 27.4-1 (Lanjutan)					Koefisien tekanan eksternal, C_p				
Bangunan gedung tertutup, tertutup sebagian					Dinding dan Atap				
Koefisien tekanan dinding, C_p									
Permukaan		Arah		C_p		Digunakan dengan			
Dinding di sisi angin datang		Setengah nilai		0,8		0			
Dinding di sisi angin pergi		0		-0,5		0			
Dinding tepi		-0,4		-0,7		0			
Dinding lain		Setengah nilai		-0,7		0			
Koefisien tekanan atap, C_p , untuk digunakan dengan q_s									
Arah angin		Arah datang		Arah pergi		Di sisi angin pergi			
		Nilai		Nilai		Nilai			
		10		15		10			
		20		25		15			
		30		35		20			
		40		45		25			
		50		55		30			
		60		65		35			
		70		75		40			
		80		85		45			
		90		95		50			
		100		105		55			
		110		115		60			
		120		125		65			
		130		135		70			
		140		145		75			
		150		155		80			
		160		165		85			
		170		175		90			
		180		185		95			
		190		195		100			
		200		205		105			
		210		215		110			
		220		225		115			
		230		235		120			
		240		245		125			
		250		255		130			
		260		265		135			
		270		275		140			
		280		285		145			
		290		295		150			
		300		305		155			
		310		315		160			
		320		325		165			
		330		335		170			
		340		345		175			
		350		355		180			
		360		365		185			
		370		375		190			
		380		385		195			
		390		395		200			
		400		405		205			
		410		415		210			
		420		425		215			
		430		435		220			
		440		445		225			
		450		455		230			
		460		465		235			
		470		475		240			
		480		485		245			
		490		495		250			
		500		505		255			
		510		515		260			
		520		525		265			
		530		535		270			
		540		545		275			
		550		555		280			
		560		565		285			
		570		575		290			
		580		585		295			
		590		595		300			
		600		605		305			
		610		615		310			
		620		625		315			
		630		635		320			
		640		645		325			
		650		655		330			
		660		665		335			
		670		675		340			
		680		685		345			
		690		695		350			
		700		705		355			
		710		715		360			
		720		725		365			
		730		735		370			
		740		745		375			
		750		755		380			
		760		765		385			
		770		775		390			
		780		785		395			
		790		795		400			
		800		805		405			
		810		815		410			
		820		825		415			
		830		835		420			
		840		845		425			
		850		855		430			
		860		865		435			
		870		875		440			
		880		885		445			
		890		895		450			
		900		905		455			
		910		915		460			
		920		925		465			
		930		935		470			
		940		945		475			
		950		955		480			
		960		965		485			
		970		975		490			
		980		985		495			
		990		995		500			
		1000		1005		505			
		1010		1015		510			
		1020		1025		515			
		1030		1035		520			
		1040		1045		525			
		1050		1055		530			
		1060		1065		535			
		1070		1075		540			
		1080		1085		545			
		1090		1095		550			
		1100		1105		555			
		1110		1115		560			
		1120		1125		565			
		1130		1135		570			
		1140		1145		575			
		1150		1155		580			
		1160		1165		585			
		1170		1175		590			
		1180		1185		595			
		1190		1195		600			
		1200		1205		605			
		1210		1215		610			
		1220		1225		615			
		1230		1235		620			
		1240		1245		625			
		1250		1255		630			
		1260		1265		635			
		1270		1275		640			
		1280		1285		645			
		1290		1295		650			
		1300		1305		655			
		1310		1315		660			
		1320		1325		665			
		1330		1335		670			
		1340		1345		675			
		1350		1355		680			
		1360		1365		685			
		1370		1375		690			
		1380		1385		695			
		1390		1395		700			
		1400		1405		705			
		1410		1415		710			
		1420		1425		715			
		1430		1435		720			
		1440		1445		725			
		1450		1455		730			
		1460		1465		735			
		1470		1475		740			
		1480		1485		745			
		1490		1495		750			
		1500		1505		755			
		1510		1515		760			
		1520		1525		765			
		1530		1535		770			
		1540		1545		775			
		1550		1555		780			
		1560		1565		785			
		1570		1575		790			
		1580		1585		795			
		1590		1595		800			
		1600		1605		805			
		1610		1615		810			
		1620		1625		815			
		1630		1635		820			
		1640		1645		825			
		1650		1655		830			
		1660		1665		835			
		1670		1675		840			
		1680		1685		845			
		1690		1695		850			
		1700		1705		855			
		1710		1715		860			
		1720		1725		865			
		1730		1735		870			
		1740		1745		875			
		1750		1755		880			
		1760		1765		885			
		1770		1775		890			
		1780		1785		895			
		1790		1795		900			
		1800		1805		905			
		1810		1815		910			
		1820		1825		915			
		1830		1835		920			
		1840		1845		925			
		1850		1855		930			
		1860		1865		935			
		1870		1875		940			
		1880		1885		945			
		1890		1895		950			
		1900		1905		955			
		1910		1915		960			
		1920		1925		965			
		1930		1935		970			
		1940		1945		975			
		1950		1955		980			
		1960		1965		985			
		1970		1975		990			
		1980		1985		995			
		1990		1995		1000			
		2000		2005		1005			
		2010		2015		1010			
		2020		2025		1015			
		2030		2035		1020			
		2040		2045		1025			
		2050		2055		1030			
		2060		2065		1035			
		2070		2075		1040			
		2080		2085		1045			
		2090		2095		1050			
		2100		2105		1055			
		2110		2115		1060			
		2120		2125		1065			
		2130		2135		1070			
		2140		2145		1075			
		2150		2155		1080			
		2160		2165		1085			
		2170		2175		1090			
		2180		2185		1095			
		2190		2195		1100			
		2200		2205		1105			
		2210		2215		1110			
		2220		2225		1115			
		2230		2235		1120			
		2240		2245		1125			
		2250		2255		1130			
		2260		2265		1135			
		2270		2275					

Dan menghasilkan data sebagai berikut,

- Dinding :
Tabel 4 8 Tekanan angin

Permukaan	P
Sisi Angin Datang	2,48
Sisi Angin Pergi	-1,6
Dinding Tepi	-2,2

4.2.6 Beban Gempa

Gedung Rusunawa merupakan bangunan bertingkat 5 yang didirikan di daerah Surabaya. Perencanaan gedung ini menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah. Pemilihan metode perhitungan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah dapat diketahui dari data tanah dari bangunan yang akan dibangun. Data tanah bangunan ini menunjukkan hasil berupa tanah sedang dan masuk dalam KDS C, sesuai persyaratan dari sistem rangka pemikul momen menengah.

Ketentuan dalam perencanaan gedung ini mengacu pada Tata Cara perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung dan non gedung (*SNI 1726-2012*).

Pada struktur gedung Rusunawa yang berfungsi sebagai tempat tinggal termasuk dalam kategori resiko 2 (*Tabel 1, SNI 1727-2012*). Gempa rencana pada gedung ini akan ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 10%. Dan pada perhitungannya akan menggunakan perhitungan statik ekuivalen.

1. Perhitungan berat struktur bangunan

Berikut perhitungan berat struktur sebagai berikut

- Berat Struktur W0

Daerah W0 ditinjau dari setengah tinggi kolom pendek bagian bawah.

Tabel 4 9 Daerah W0

Kolom Pendek (W0)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom I	2400		60x60		1,05	74	67132,8
Kolom II	2400		40x40		1,05	2	806,4
Total Berat Kolom Pendek							67939,2

- Berat Struktur W1

Daerah W1 ditinjau dari setengah tinggi kolom pendek dan setengah tinggi lantai dasar bagian bawah.

A. Beban Mati

Tabel 4 10 Beban mati W1

Berat Struktur (W1)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom I	2400		60x60		3,285	74	210029,76
Kolom II	2400		40x40		3,285	4	2522,88
Kolom Praktis	2400		15x15		2,235	156	18827,64
Sloof I	2400		30x50	590			212400
Sloof II	2400		25x40	10			2400

Berat Tangga Tengah (W1)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B3-B	2400		20x30	2			288
Balok Bordes B2-B	2400		25x40	10			2400
Balok Bordes B1-B	2400		40x60	6			3456
Plat Bordes tengah	2400		600x200	0,12		1	3456
Spesi 1cm bordes		12	600x200			1	144
Keramik 1cm bordes		15	600x200			1	180
Berat anak tangga tengah	2400		208x30	0,18		13	3504,38
Berat plat tangga tengah bawah	2400		208x480	0,15		1	3594
Spesi 2cm tangga tengah bawah		12	208x480			1	120
Keramik 1 cm tangga tengah bawah		15	208x480			1	150
Berat pegangan pipa GI				4,8		1	36
Berat pegangan dinding h=1 m		83		4,8		1	398
Berat Tangga Tengah W1							17727

B. Beban Hidup

Tabel 4 11 Beban hidup W1

Beban Hidup (W1)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Beban Hidup Kios		479	600x400			6	68976
Beban Hidup Hunian		200	600x400			18	86400
Beban Hidup Gudang		100	400x350			2	2800
Beban hidup koridor		479	300x163			0	0
Beban hidup koridor		479	600x700			3	60354
Beban hidup Bordes tengah		479	600x200			1	5748
Beban Hidup bordes pinggir		479	350x160			2	5364,8
Beban hidup tangga tengah		479	208x480			1	4782,336
Beban hidup tangga pinggir		479	400x175			2	6706
Beban Hidup Total W1							241131,14
Beban Hidup Total W1 Tereduksi 30%							168791,8
Beban Total W1							941584

- Berat Struktur W2

Daerah W2 ditinjau dari setengah tinggi lantai dasar atas dan setengah tinggi pada lantai 2 bagian bawah.

A. Beban Mati

Tabel 4 12 Beban mati W2

Berat Struktur (W2)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok B1	2400		40x60	539,5			310752
Balok B2	2400		25x40	178			42720
Balok B3	2400		20x30	144			20736
Balok B4	2400		15x20	102			7344
Kolom K1	2400		60x60		3,985	74	254784,96
Kolom K2	2400		40x40		3,985	2	3060,48
Kolom Praktis	2400		15x15		3,985	156	33569,64
Plat Lantai tipe 1	2400		350x400	0,12		2	8064
Plat lantai tipe 2	2400		350x350	0,12		4	14112
Plat lantai tipe 3	2400		250x350	0,12		4	10080
Plat lantai tipe 4	2400		300x400	0,12		48	165888
Plat lantai tipe 5	2400		300x163	0,12		48	67392
Plat Lantai tipe 6	2400		300x300	0,12		4	10368

Plat Lantai Balkon	2400		200x75	0,12		24	10368
Keramik 1 cm		15	994 m ²				14910
Spesi 2cm		12	994 m ²				11928
Plafond		12,4	994 m ²				12325,6
Instalansi Listrik		9	994 m ²				8946
Plumbing		15	994 m ²				14910
Dinding lt 1 h=4,47m		83		516,4	2,235		95794,782
Dinding lt 2 h=3,5m		83		533,4	1,75		77476,35
Dinding h=1m		83		261	1		21663
Berat Total Struktur W2							1217192,81

Berat Tangga Tengah (W2)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B3-B	2400		20x30	2			288
Balok Bordes B2-B	2400		25x40	10			2400
Balok Bordes B1-B	2400		40x60	6			3456
Plat Bordes tengah	2400		600x200	0,12		1	3456
Spesi 1cm bordes		83	600x200			1	996
Keramik 1cm bordes		15	600x200			1	180
Berat anak tangga tengah atas	2400		210x30	0,18		9	2426,11

Berat anak tangga tengah bawah	2400		210x30	0,18		9	2426,11
Berat plat tangga tengah atas	2400		210x440	0,15		1	3294,72
Berat plat tangga tengah bawah	2400		210x440	0,15		1	3295
Spesi 2 cm tangga tengah atas		12	210x440			1	110
Spesi 2 cm tangga tengah bawah		12	210x440			1	110
Keramik 1 cm tangga tengah atas		15	210x440			1	137
Keramik 1 cm tangga tengah bawah		15	210x440			1	137
Berat pegangan pipa Gi		7,5		10,65		1	79,88
Berat pegangan dinding h=1m		83		10,65		1	883,95
Berat Tangga Tengah W2							23676

Berat Tangga Pinggir (W2)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B4-A	2400		150x200	4,7		2	677
Balok Bordes B1-A	2400		400x600	3,5		2	4032
Plat Bordes pinggir	2400		350x160	0,12		2	3226
Spesi 1 cm bordes		12	350x160			2	134,4
Keramik 1 cm bordes		15	350x160			2	168

Berat anak tangga pinggir atas	2400		175x30	0,18		18	4082
Berat anak tangga pinggir bawah	2400		175x30	0,18		18	4082
Berat Plat tangga pinggir atas	2400		175x350	0,15		2	4410
Berat plat tangga pinggir bawah	2400		175x350	0,15		2	4410
Spesi 2 cm tangga pinggir atas		12	175x350			2	147
Spesi 2 cm tangga pinggir bawah		12	175x350			2	147
Keramik 1 cm tangga tengah atas		15	175x350			2	184
Keramik 1 cm tangga tengah bawah		15	175x350			2	184
Berat pegangan pipa GI		7,5		14		1	105
Berat pegangan dinding h=1m		83		7		1	581
Berat pegangan dinding h=1m		83		7		1	581
Berat Tangga pinggir W2							27150
Beban Mati Total W2							1268019

- Berat Struktur W3

Daerah W3 ditinjau dari setengah tinggi lantai 2 atas dan setengah tinggi lantai 3 bawah

A. Beban Mati

Tabel 4 14 Beban mati W3

Berat Struktur (W3)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok B1	2400		40x60	539,5			310752
Balok B2	2400		25x40	178			42720
Balok B3	2400		20x30	144			20736
Balok B4	2400		15x20	102			7344
Kolom K1	2400		60x60		3,985	74	254784,96
Kolom K2	2400		40x40		3,985	2	3060,48
Kolom Praktis	2400		15x15		3,985	156	33569,64
Plat Lantai tipe 1	2400		350x400	0,12		2	8064
Plat lantai tipe 2	2400		350x350	0,12		4	14112
Plat lantai tipe 3	2400		250x350	0,12		4	10080
Plat lantai tipe 4	2400		300x400	0,12		48	165888
Plat lantai tipe 5	2400		300x163	0,12		48	67392
Plat Lantai tipe 6	2400		300x300	0,12		4	10368
Plat Lantai Balkon	2400		200x75	0,12		24	10368

Keramik 1 cm		15	994 m ²				14910
Spesi 2cm		12	994 m ²				11928
Plafond		12,4	994 m ²				12325,6
Instalansi Listrik		9	994 m ²				8946
Plumbing		15	994 m ²				14910
Dinding lt 2 h=3,5 m		83		533,4	1,75		77476,35
Dinding lt 3 h=3,5m		83		533,4	1,75		77476,35
Dinding h=1m		83		261	1		21663
Berat total struktur W3							1198874,4

Berat Tangga Tengah (W3)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B3-B	2400		20x30	2			288
Balok Bordes B2-B	2400		25x40	10			2400
Balok Bordes B1-B	2400		40x60	6			3456
Plat Bordes tengah	2400		600x200	0,12		1	3456
Spesi 1cm bordes		83	600x200			1	996
Keramik 1cm bordes		15	600x200			1	180

Berat anak tangga tengah atas	2400		210x30	0,18		9	2426,11
Berat anak tangga tengah bawah	2400		210x30	0,18		9	2426,11
Berat plat tangga tengah atas	2400		210x440	0,15		1	3294,72
Berat plat tangga tengah bawah	2400		210x440	0,15		1	3295
Spesi 2 cm tangga tengah atas		12	210x440			1	110
Spesi 2 cm tangga tengah bawah		12	210x440			1	110
Keramik 1 cm tangga tengah atas		15	210x440			1	137
Keramik 1 cm tangga tengah bawah		15	210x440			1	137
Berat pegangan pipa Gi		7,5		10,65		1	79,88
Berat pegangan dinding h=1m		83		10,65		1	883,95
Berat Tangga Tengah W3							23676

Berat Tangga Pinggir (W3)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B4-A	2400		15x20	4,7		2	677
Balok Bordes B1-A	2400		40x60	3,5		2	4032
Plat Bordes pinggir	2400		350x160	0,12		2	3226
Spesi 1 cm bordes		12	350x160			2	134,4
Keramik 1 cm bordes		15	350x160			2	168
Berat anak tangga pinggir atas	2400		175x30	0,18		18	4082

B. Beban Hidup

Tabel 4 15 Beban hidup W3

Beban Hidup (W3)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Beban Hidup Hunian		200	600x400			24	115200
Beban Hidup Gudang		100	400x350			2	2800
Beban hidup koridor		479	600x163			24	112086
Beban hidup koridor		479	600x700			3	60354
Beban hidup Bordes tengah		479	600x200			1	5748
Beban Hidup bordes pinggir		479	350x160			2	5364,8
Beban hidup tangga tengah		479	210x440			2	8767,616
Beban hidup tangga tengah		479	210x440			2	8767,616
Beban hidup tangga pinggir		479	350x175			2	5867,75
Beban hidup tangga pinggir		479	350x175			2	5867,75
Beban Hidup Total W3							330823,53
Beban Hidup Total W3 Tereduksi 30%							231576,472
Beban Total W3							1481277

- Berat Struktur W4

Daerah W4 ditinjau dari setengah tinggi lantai 3 bagian atas dan setengah tinggi lantai 4 bagian bawah.

A. Beban Mati

Tabel 4 16 Beban mati W4

Berat Struktur W4	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok B1	2400		40x60	539,5			310752
Balok B2	2400		25x40	178			42720
Balok B3	2400		20x30	144			20736
Balok B4	2400		15x20	102			7344
Kolom K1	2400		60x60		3,985	74	254784,96
Kolom K2	2400		40x40		3,985	2	3060,48
Kolom Praktis	2400		15x15		3,985	156	33569,64
Plat Lantai tipe 1	2400		350x400	0,12		2	8064
Plat lantai tipe 2	2400		350x350	12		4	14112
Plat lantai tipe 3	2400		250x350	12		4	10080
Plat lantai tipe 4	2400		300x400	12		48	165888
Plat lantai tipe 5	2400		300x163	12		48	67392
Plat Lantai tipe 6	2400		300x300	12		4	10368

Plat Lantai Balkon	2400		200x75	12		24	10368
Keramik 1 cm		15	994 m ²				14904,6
Spesi 2cm		12	994 m ²				11928
Plafond		12,4	994 m ²				12326
Instalansi Listrik		9	994 m ²				8946
Plumbing		15	994 m ²				14910
Dinding lt 3 h=3,5m		83		533,4	1,75		77476,35
Dinding lt 4 h=3,5m		83		533,4	1,75		77476,35
Dinding h=1m		83		261	1		21663
Berat total struktur W4							1198874,38

Berat Tangga Tengah (W4)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B3-B	2400		20x30	2			288
Balok Bordes B2-B	2400		25x40	10			2400
Balok Bordes B1-B	2400		40x60	6			3456
Plat Bordes tengah	2400		600x200	0,12		1	3456
Spesi 1cm bordes		83	600x200			1	996
Keramik 1cm bordes		15	600x200			1	180
Berat anak tangga tengah atas	2400		210x30	0,18		9	2426,11

Berat anak tangga tengah bawah	2400		210x30	0,18		9	2426,11
Berat plat tangga tengah atas	2400		210x440	0,15		1	3294,72
Berat plat tangga tengah bawah	2400		210x440	0,15		1	3295
Spesi 2 cm tangga tengah atas		12	210x440			1	110
Spesi 2 cm tangga tengah bawah		12	210x440			1	110
Keramik 1 cm tangga tengah atas		15	210x440			1	137
Keramik 1 cm tangga tengah bawah		15	210x440			1	137
Berat pegangan pipa Gi		7,5		10,65		1	79,88
Berat pegangan dinding h=1m		83		10,65		1	883,95
Berat Tangga Tengah W4							23676

Berat Tangga Pinggir (W4)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B4-A	2400		15x20	4,7		2	677
Balok Bordes B1-A	2400		40x60	3,5		2	4032
Plat Bordes pinggir	2400		350x160	0,12		2	3226
Spesi 1 cm bordes		12	350x160			2	134,4
Keramik 1 cm bordes		15	350x160			2	168
Berat anak tangga pinggir atas	2400		175x30	0,18		18	4082
Berat anak tangga pinggir bawah	2400		175x30	0,18		18	4082

Berat Plat tangga pinggir atas	2400		175x350	0,15		2	4410
Berat plat tangga pinggir bawah	2400		175x350	0,15		2	4410
Spesi 2 cm tangga pinggir atas		12	175x350			2	147
Spesi 2 cm tangga pinggir bawah		12	175x350			2	147
Keramik 1 cm tangga tengah atas		15	175x350			2	184
Keramik 1 cm tangga tengah bawah		15	175x350			2	184
Berat pegangan pipa GI		7,5		14		1	105
Berat pegangan dinding h=1m		83		7		1	581
Berat pegangan dinding h=1m		83		7		1	581
Berat Tangga pinggir W4							27150
Beban Mati Total W4							1249700

- Berat Struktur W5

Daerah W5 ditinjau dari setengah tinggi lantai 4 bagian atas dan setengah tinggi lantai 5 bagian bawah.

A. Beban Mati

Tabel 4 18 Beban mati W5

Berat Struktur W5	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok B1	2400		40x60	539,5			310752
Balok B2	2400		25x40	178			42720
Balok B3	2400		20x30	144			20736
Balok B4	2400		15x20	102			7344
Kolom K1	2400		60x60		3,985	74	254784,96
Kolom K2	2400		40x40		3,985	2	3060,48
Kolom Praktis	2400		15x15		3,985	156	33569,64
Plat Lantai tipe 1	2400		350x400	0,12		2	8064
Plat lantai tipe 2	2400		350x350	0,12		4	14112
Plat lantai tipe 3	2400		250x350	0,12		4	10080
Plat lantai tipe 4	2400		300x400	0,12		48	165888
Plat lantai tipe 5	2400		300x163	0,12		48	67392
Plat Lantai tipe 6	2400		300x300	0,12		4	10368

Plat Lantai Balkon	2400		200x75	0,12		24	10368
Keramik 1 cm		15	994 m ²				14904,6
Spesi 2cm		12	994 m ²				11928
Plafond		12,4	994 m ²				12326
Instalansi Listrik		9	994 m ²				8946
Plumbing		15	994 m ²				14910
Dinding lt 4 h=3,5m		83		533,4	1,75		77476,35
Dinding lt 5 h=3,5m		83		533,4	1,75		77476,35
Dinding h=1m		83		261	1		21663
Berat total struktur W5							1198874,38

Berat Tangga Tengah (W5)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B3-B	2400		20x30	2			288
Balok Bordes B2-B	2400		25x40	10			2400
Balok Bordes B1-B	2400		40x60	6			3456
Plat Bordes tengah	2400		600x200	0,12		1	3456
Spesi 1cm bordes		83	600x200			1	996
Keramik 1cm bordes		15	600x200			1	180
Berat anak tangga tengah atas	2400		210x30	0,18		9	2426,11

Berat anak tangga tengah bawah	2400		210x30	0,18		9	2426,11
Berat plat tangga tengah atas	2400		210x440	0,15		1	3294,72
Berat plat tangga tengah bawah	2400		210x440	0,15		1	3295
Spesi 2 cm tangga tengah atas		12	210x440			1	110
Spesi 2 cm tangga tengah bawah		12	210x440			1	110
Keramik 1 cm tangga tengah atas		15	210x440			1	137
Keramik 1 cm tangga tengah bawah		15	210x440			1	137
Berat pegangan pipa Gi		7,5		10,65		1	79,88
Berat pegangan dinding h=1m		83		10,65		1	883,95
Berat Tangga Tengah W5							23676

Berat Tangga Pinggir (W5)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok Bordes B4-A	2400		15x20	4,7		2	677
Balok Bordes B1-A	2400		40x60	3,5		2	4032
Plat Bordes pinggir	2400		350x160	0,12		2	3226
Spesi 1 cm bordes		12	350x160			2	134,4
Keramik 1 cm bordes		15	350x160			2	168
Berat anak tangga pinggir atas	2400		175x30	0,18		18	4082
Berat anak tangga pinggir bawah	2400		175x30	0,18		18	4082

B. Beban Hidup

Tabel 4.19 Beban hidup W5

Beban Hidup (W5)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Beban Hidup Hunian		200	600x400			24	115200
Beban Hidup Gudang		100	400x350			2	2800
Beban hidup koridor		479	600x163			24	112086
Beban hidup koridor		479	600x700			3	60354
Beban hidup Bordes tengah		479	600x200			1	5748
Beban Hidup bordes pinggir		479	350x160			2	5364,8
Beban hidup tangga tengah		479	210x440			2	8767,616
Beban hidup tangga tengah		479	210x440			2	8767,616
Beban hidup tangga pinggir		479	350x175			2	5867,75
Beban hidup tangga pinggir		479	350x175			2	5867,75
Beban Hidup Total W5							330823,53
Beban Hidup Total W5 Tereduksi 30%							231576,472
Beban Total W5							1481277

- Berat Struktur W6

Daerah W6 ditinjau dari setengah tinggi lantai 5 bagian atas dan lantai atap sendiri.

A. Beban Mati

Tabel 4.20 Beban mati W6

Berat Struktur W6	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Balok B1	2400		40x60	539,5			310752
Balok B2	2400		25x40	178			42720
Balok B3	2400		20x30	144			20736
Balok B4	2400		15x20	102			7344
Kolom K1	2400		60x60		1,75	74	111888
Kolom K2	2400		40x40		1,75	2	1344
Kolom Praktis	2400		15x15		1,75	156	14742
Plat Atap	2400		1673,5	0,12		1	481968
Plafond		12,4	1673,5				20751,4
Instalansi Listrik		9	1673,5				15061,5
Plumbing		15	1673,5				25102,5
Dinding lt 1 h=4,47m		83		533,4	1,75		77476,35
Aspal		10,5	1673,5				17571,75

Berat total struktur W6	1129885,75
Beban Mati total W6	1129886

B. Beban Hidup

Tabel 4 21 Beban hidup W6

Beban Hidup (W6)	BJ (Kg/m ³)	Berat (kg/m ²)	Dimensi (cm)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Beban Hidup Atap		96	1673,5				160656
Beban Hidup Hujan		24,5	1673,5				41000,75
Beban Hidup Total W6							201656,75
Beban Hidup Total W6 Tereduksi 30%							141159,725
Beban Total W6							1271045

Total Berat Struktur Gedung (kg)	8208215
Total Berat Struktur Gedung (ton)	8208,21479

Setelah nilai berat struktur gedung di dapatkan, berikut langkah – langkah menghitung beban gempa,

2. Perhitungan nilai SPT rata-rata (\bar{N}).
Berdasarkan data tanah hasil uji SPT daerah pasuruan didapatkan data sebagai berikut,

Tabel 4.22 tabel SPT

No.	Kedalaman (m)	di (m)	Ni (blow)	di/Ni
1	0	0	0	0
2	3	3	46	0,07
3	6	3	33	0,09
4	9	3	23	0,13
5	12	3	52	0,06
6	15	3	60	0,05
7	18	3	60	0,05
8	21	3	60	0,05
9	24	3	60	0,05
10	27	3	60	0,05
11	30	3	60	0,05
	Σ	30	514	0,64

Setelah data didapatkan, dimasukkan kedalam rumus sebagai berikut,

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N} = \frac{30}{0,64}$$

Sehingga didapatkan nilai $\bar{N}=46,875$

3. Menentukan klasifikasi situs tanah

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 5.3 dengan menggunakan SPT rata-rata(\bar{N}) dan tabel klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726-2012 tabel 3.

Tabel 4.23 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuankeras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung		

spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa
---	---

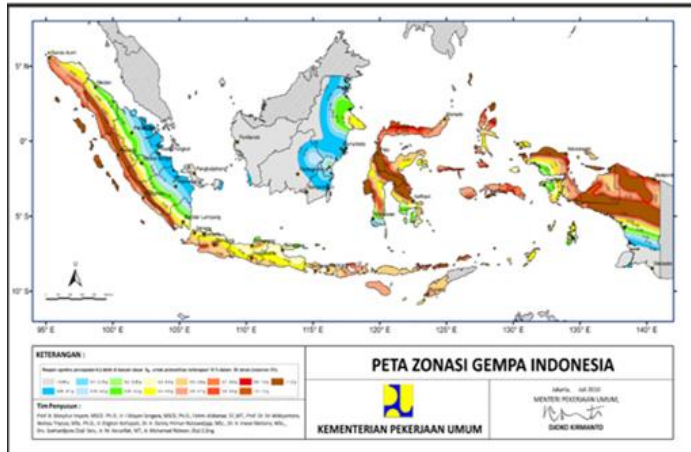
Berdasarkan tabel tersebut dan nilai \bar{N} , dapat disimpulkan gedung ini menggunakan tanah sedang.

4. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Nilai S_s dan S_1 didapatkan dari Peta Hazard Gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun untuk daerah Surabaya, diperoleh nilai S_s dan S_1 sebagai berikut :

$S_s : 0,3$

$S_1 : 0,1$



Gambar 4.12 Peta Zonasi Gempa Indonesia, S_s

Tabel 4.25 Interpolasi linear

Ss	0,25	0,3	0,5
Fa	1,6	x	1,4

$$\text{Sehingga } Fa = 1,6 - \frac{0,3-0,25}{0,5-0,25} \times (1,6 - 1,4)$$

$$Fa = 1,56$$

Lalu menentukan nilai Fv dari tabel **SNI 1726-2012** pada pasal 6.2 sebagai berikut,

Tabel 4.26 Klasifikasi Site

Tabel 5. Koefisien periode 1.0 detik, F_v

Klasifikasi Site (Sesuai Tabel 2)	S_1				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras (S_A)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (S_B)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak (S_C)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (S_D)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (S_E)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (S_F)	SS	SS	SS	SS	SS

Didapatkan nilai $F_v = 2,4$

Dari nilai yang didapatkan diatas, maka bisa didapatkan nilai S_{ms} , S_{m1} , S_{ds} dan S_{d1}

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.2

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,56 \times 0,3 = 0,468$$

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.3

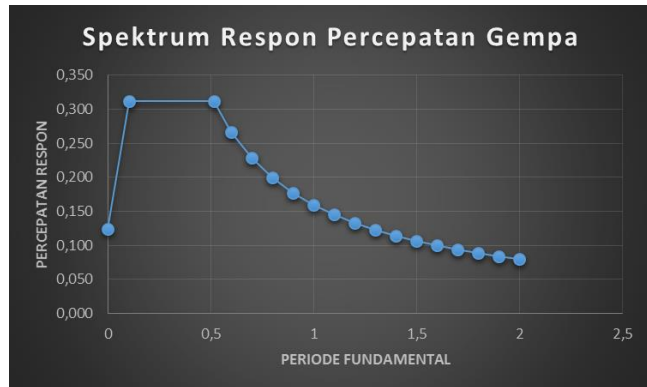
$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,1 = 0,24$$

8. Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS}) sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.3

$$S_{DS} = 2/3 \times S_Ms = 2/3 \times 0,468 = 0,312$$

9. Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS}) sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.3

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1} = 2/3 \times 0,24 = 0,160$$



Gambar 4.13a Diagram Respon Percepatan Gempa

Data - data diatas untuk menentukan gedung yang akan dibangun termasuk dalam kategori desain seismik tipe apa. Ketentuan tersebut dapat berdasarkan tabel kategori desain seismik berdasarkan parameter respon sesuai **SNI 1726-2012 Pasal 6.5** sebagai berikut,

Tabel 4 27. KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan pada periode 1 detik

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Maka dapat disimpulkan tanah ini termasuk dalam kategori desain seismik C. Karena termasuk dalam kategori C, maka gedung ini cocok menggunakan perhitungan dengan metode SRPMM.

Menentukan besar periode (T)

$T_0 = 0,2 \times S_{d1}/S_{DS}$ (SNI 1727-2012 Pasal 6.4)

$T_0 = 0,2 \times (0,160 / 0,312)$

$T_0 = 0,103$ detik

$T_a = T = C_t \times h_n^x$ (SNI 1727-2012 Pasal 7.8.2.1)

Dimana :

h_n = Ketinggian struktur = 20,57 m

C_t = berdasarkan tabel 15 SNI 1726-2012 = 0,0466^a

x = berdasarkan tabel 15 SNI 1726-2012 = 0,9

Sehingga, $T_a = T = 0,0466 \times 20,57^{0,9}$

$T_a = T = 0,708$ detik

$T_s = S_{d1}/S_{DS}$ (SNI 1727-2012 Pasal 6.4)

$T_s = 0,161 / 0,312$

$T_s = 0,51$ detik

Dari perhitungan diatas,

$T > T_s$ (SNI 1726-2012 Pasal 6.4)

$0,708 > 0,513$ OK

$$\text{Maka } S_a = S_{D1} / T$$

$$S_a = 0,2258$$

10. Menentukan koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung
 Mengacu pada tabel 14 SNI 1727-2012 Pasal 7.8.2.1. Perhitungannya menggunakan metode interpolasi linear sebagai berikut,

Tabel 4.28 koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

S_{D1}	C_u
0,15	0,16
0,16	C_u
0,2	1,5

Dari hasil interpolasi, didapatkan nilai $C_u = 0,428$

11. Mencari nilai koefisien respon seismik (C_s)

Memiliki syarat $C_s = \frac{SDS}{(\frac{R}{I_e})}$ (SNI 1727-2012 Pasal 7.8.1.1) bernilai = 0,062

Sedangkan nilai C_s yang dihitung tidak lebih dari

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (\text{SNI 1727-2012 Pasal 7.8.1.1}) \text{ bernilai } 0,045$$

Tetapi nilai C_s tidak boleh kurang dari $C_s = 0,044 SDs I_e \geq 0,01$ (SNI 1727-2012 Pasal 7.8.1.1) bernilai = 0,014 .

Sehingga nilai C_s yang diambil = 0,045

12. Geser dasar seismik

$$V = C_s \times W_t \quad (\text{SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana C_s = koefisien respon seismik ; W_t = Total berat struktur bangunan , Sehingga

$$V = 0,045 \times 8208214,79 \text{ kg}$$

$$V = 370767,7 \text{ kg}$$

13. Gaya dasar seismik per lantai (F)

Gaya ini memiliki rumus sesuai SNI 1727-2012 Pasal 7.8.3 sebagai berikut,

$$F = C_{vx} \cdot V$$

Dimana :

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur yang memiliki ketentuan,

a. Bila $T > 0,5$; $k=1$

b. Bila $T \geq 2,5$; maka $k=2$

c. Bila $0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$, maka k ditentukan dengan interpolasi linear

T	K
0,5	1
0,708	1,10
2,5	2

$$1 + \frac{0,708 - 0,5}{2,5 - 0,5} (2 - 1)$$

$$x = 1,10$$

Maka nilai $k = 1,10$

Tabel 4.29 Gaya Gempa per Kolom

Lantai	h_x (m)	w_x (kg)	$w_x \cdot h_x^k$ (kgm)	C_{vx}	$V = C_s \cdot W$	F_i (kg)
W1	0	919123,49	0,00	0,00	0,00	0,00
W2	4,47	1501265,48	7841461,32	0,07	27521,60	27521,60
W3	7,97	1482947,05	14666808,82	0,14	51476,90	51476,90
W4	11,47	1482947,05	21922175,87	0,21	76941,45	76941,45
W5	14,97	1482947,05	29415112,37	0,28	103239,82	103239,82
W6	18,47	1271045,48	31793661,16	0,30	111587,94	111587,94
Jumlah		8208214,8	129272126,98	1,00		370767,7

Cek Gaya Geser

$V = \text{Jumlah } F_i$

$370767,7 \text{ kg} = 370767,7 \text{ (OK)}$

14. Beban Gempa per Kolom

Tabel 4.30 Beban gempa per kolom

Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		eksentrisitas	
	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)
0	45,00	9,61	45,00	9,67	0,00	0,06
1	44,95	9,19	45,00	9,67	0,05	0,48
2	47,89	9,84	45,00	9,67	2,89	0,17

3	47,89	9,84	45,00	9,67	2,89	0,17
4	47,89	9,84	45,00	9,67	2,89	0,17
5	47,89	9,84	45,00	9,67	2,89	0,17
Atap	44,99	9,51	45,00	9,67	0,01	0,16

a. Lantai 1

$$M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$$

$$= 0,05 \times 0,00 \text{ kg}$$

$$= 0 \text{ kgm}$$

$$M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$$

$$= 0,48 \times 0,00 \text{ kg}$$

$$= 0 \text{ kgm}$$

$$F_x = (F_1/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } x \cdot x$$

$$/\sum(x^2)$$

$$F_y = (F_1/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } y \cdot y / \sum(y^2))$$

Tabel 4.31 Beban Gempa lantai 1

Elemen	X	Y	X ²	Y ²	F _x	F _y
1-B	2,5	2	1806,25	57,9541	0,00	0,00
1-C	6	2	1521	57,9541	0,00	0,00
1-D	12	2	1089	57,9541	0,00	0,00
1-E	18	2	729	57,9541	0,00	0,00
1-F	24	2	441	57,9541	0,00	0,00
1-G	30	2	225	57,9541	0,00	0,00
1-H	36	2	81	57,9541	0,00	0,00

1-I	42	2	9	57,9541	0,00	0,00
1-J	48	2	9	57,9541	0,00	0,00
1-K	54	2	81	57,9541	0,00	0,00
1-L	60	2	225	57,9541	0,00	0,00
1-M	66	2	441	57,9541	0,00	0,00
1-N	72	2	729	57,9541	0,00	0,00
1-O	78	2	1089	57,9541	0,00	0,00
1-P	84	2	1521	57,9541	0,00	0,00
1-Q	87,5	2	1806,25	57,9541	0,00	0,00
2-A	0	6	2025	13,052	0,00	0,00
2-B	2,5	6	180625	13,052	0,00	0,00
2-C	6	6	1521	13,052	0,00	0,00
2-D	12	6	1089	13,052	0,00	0,00
2-E	18	6	729	13,052	0,00	0,00
2-F	24	6	441	13,052	0,00	0,00
2-G	30	6	225	13,052	0,00	0,00
2-H	36	6	81	13,052	0,00	0,00
2-I	42	6	9	13,052	0,00	0,00

2-J	48	6	9	13,052	0,00	0,00
2-K	54	6	81	13,052	0,00	0,00
2-L	60	6	225	13,052	0,00	0,00
2-M	66	6	441	13,052	0,00	0,00
2-N	72	6	729	13,052	0,00	0,00
2-O	78	6	1089	13,052	0,00	0,00
2-P	84	6	1521	13,052	0,00	0,00
2-Q	87,5	6	1806,25	13,052	0,00	0,00
2-R	90	6	2025	13,052	0,00	0,00
3-A	0	9,5	2025	0,01271	0,00	0,00
3-C	6	9,5	1521	0,01271	0,00	0,00
3-I	42	9,5	9	0,01271	0,00	0,00
3-J	48	9,5	9	0,01271	0,00	0,00
3-P	84	9,5	1521	0,01271	0,00	0,00
3-R	90	9,5	2025	0,01271	0,00	0,00
4-A	0	13	2025	11,4734	0,00	0,00
4-B	2,5	13	1806,25	11,4734	0,00	0,00
4-C	6	13	1521	11,4734	0,00	0,00

4-D	12	13	1089	11,4734	0,00	0,00
4-E	18	13	729	11,4734	0,00	0,00
4-F	24	13	441	11,4734	0,00	0,00
4-G	30	13	225	11,4734	0,00	0,00
4-H	36	13	81	11,4734	0,00	0,00
4-I	42	13	9	11,4734	0,00	0,00
4-J	48	13	9	11,4734	0,00	0,00
4-K	54	13	81	11,4734	0,00	0,00
4-L	60	13	225	11,4734	0,00	0,00
4-M	66	13	441	11,4734	0,00	0,00
4-N	72	13	729	11,4734	0,00	0,00
4-O	78	13	1089	11,4734	0,00	0,00
4-P	84	13	1521	11,4734	0,00	0,00
4-Q	87,5	13	1806,25	11,4734	0,00	0,00
4-R	90	13	2025	11,4734	0,00	0,00
5-B	2,5	17	1806,25	54,5713	0,00	0,00
5-C	6	17	1521	54,5713	0,00	0,00
5-D	12	17	1089	54,5713	0,00	0,00

5-E	18	17	729	54,5713	0,00	0,00
5-F	24	17	441	54,5713	0,00	0,00
5-G	30	17	225	54,5713	0,00	0,00
5-H	36	17	81	54,5713	0,00	0,00
5-I	42	17	9	54,5713	0,00	0,00
5-J	48	17	9	54,5713	0,00	0,00
5-K	54	17	81	54,5713	0,00	0,00
5-L	60	17	225	54,5713	0,00	0,00
5-M	66	17	441	54,5713	0,00	0,00
5-N	72	17	729	54,5713	0,00	0,00
5-O	78	17	1089	54,5713	0,00	0,00
5-P	84	17	1521	54,5713	0,00	0,00
5-Q	87,5	17	1806,25	54,5713	0,00	0,00
5'-I	42	19	9	88,1203	0,00	0,00
5'-J	48	19	9	88,1203	0,00	0,00
	3420	741	62438	2418,18		

a. Lantai 2

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_2 \\
 &= 2,89 \times 27521,60 \text{ kg} \\
 &= 79447,99 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_2$$

$$= 0,17 \times 27521,60 \text{ kg}$$

$$= 4724,51 \text{ kgm}$$

$$F_x = (F_2/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } x \cdot x / \sum(x^2))$$

$$F_y = (F_2/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } y \cdot y / \sum(y^2))$$

Tabel 4.32 Beban Gempa lantai 2

Elemen	X	Y	X ²	Y ²	F _x	F _y
1-B	2,5	2	1806,25	57,9541	308,05	347,25
1-C	6	2	1521	57,9541	312,50	347,25
1-D	12	2	1089	57,9541	320,14	347,25
1-E	18	2	729	57,9541	327,77	347,25
1-F	24	2	441	57,9541	335,41	347,25
1-G	30	2	225	57,9541	343,04	347,25
1-H	36	2	81	57,9541	350,67	347,25
1-I	42	2	9	57,9541	358,31	347,25
1-J	48	2	9	57,9541	365,94	347,25
1-K	54	2	81	57,9541	373,58	347,25
1-L	60	2	225	57,9541	381,21	347,25
1-M	66	2	441	57,9541	388,85	347,25
1-N	72	2	729	57,9541	396,48	347,25
1-O	78	2	1089	57,9541	404,12	347,25

1-P	84	2	1521	57,9541	411,75	347,25
1-Q	87,5	2	1806,25	57,9541	416,20	347,25
2-A	0	6	2025	13,052	304,87	355,07
2-B	2,5	6	180625	13,052	308,05	355,07
2-C	6	6	1521	13,052	312,50	355,07
2-D	12	6	1089	13,052	320,14	355,07
2-E	18	6	729	13,052	327,77	355,07
2-F	24	6	441	13,052	335,41	355,07
2-G	30	6	225	13,052	343,04	355,07
2-H	36	6	81	13,052	350,67	355,07
2-I	42	6	9	13,052	358,31	355,07
2-J	48	6	9	13,052	365,94	355,07
2-K	54	6	81	13,052	373,58	355,07
2-L	60	6	225	13,052	381,21	355,07
2-M	66	6	441	13,052	388,85	355,07
2-N	72	6	729	13,052	396,48	355,07
2-O	78	6	1089	13,052	404,12	355,07
2-P	84	6	1521	13,052	411,75	355,07

2-Q	87,5	6	1806,25	13,052	416,20	355,07
2-R	90	6	2025	13,052	419,39	355,07
3-A	0	9,5	2025	0,01271	304,87	361,91
3-C	6	9,5	1521	0,01271	312,50	361,91
3-I	42	9,5	9	0,01271	358,31	361,91
3-J	48	9,5	9	0,01271	365,94	361,91
3-P	84	9,5	1521	0,01271	411,75	361,91
3-R	90	9,5	2025	0,01271	419,39	361,91
4-A	0	13	2025	11,4734	304,87	368,74
4-B	2,5	13	1806,25	11,4734	308,05	368,74
4-C	6	13	1521	11,4734	312,50	368,74
4-D	12	13	1089	11,4734	320,14	368,74
4-E	18	13	729	11,4734	327,77	368,74
4-F	24	13	441	11,4734	335,41	368,74
4-G	30	13	225	11,4734	343,04	368,74
4-H	36	13	81	11,4734	350,67	368,74
4-I	42	13	9	11,4734	358,31	368,74
4-J	48	13	9	11,4734	365,94	368,74

4-K	54	13	81	11,4734	373,58	368,74
4-L	60	13	225	11,4734	381,21	368,74
4-M	66	13	441	11,4734	388,85	368,74
4-N	72	13	729	11,4734	396,48	368,74
4-O	78	13	1089	11,4734	404,12	368,74
4-P	84	13	1521	11,4734	411,75	368,74
4-Q	87,5	13	1806,25	11,4734	416,20	368,74
4-R	90	13	2025	11,4734	419,39	368,74
5-B	2,5	17	1806,25	54,5713	308,05	376,56
5-C	6	17	1521	54,5713	312,50	376,56
5-D	12	17	1089	54,5713	320,14	376,56
5-E	18	17	729	54,5713	327,77	376,56
5-F	24	17	441	54,5713	335,41	376,56
5-G	30	17	225	54,5713	343,04	376,56
5-H	36	17	81	54,5713	350,67	376,56
5-I	42	17	9	54,5713	358,31	376,56
5-J	48	17	9	54,5713	365,94	376,56
5-K	54	17	81	54,5713	373,58	376,56

5-L	60	17	225	54,5713	381,21	376,56
5-M	66	17	441	54,5713	388,85	376,56
5-N	72	17	729	54,5713	396,48	376,56
5-O	78	17	1089	54,5713	404,12	376,56
5-P	84	17	1521	54,5713	411,75	376,56
5-Q	87,5	17	1806,25	54,5713	416,20	376,56
5'-I	42	19	9	88,1203	358,31	380,47
5'-J	48	19	9	88,1203	365,94	380,47
	3420	741	62438	2418,18		

a. Lantai 3

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_3 \\ &= 2,89 \times 51476,90 \text{ kg} \\ &= 148600,94 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_3 \\ &= 0,17 \times 51476,90 \text{ kg} \\ &= 8836,82 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$F_x = (F_3/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } x \cdot x / \sum(x^2))$$

$$F_y = (F_3/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } y \cdot y / \sum(y^2))$$

Tabel 4.33 Beban Gempa Lantai 3

Elemen	X	Y	X ²	Y ²	F _x	F _y
1-B	2,5	2	1806,25	57,9541	576,18	649,51

1-C	6	2	1521	57,9541	584,51	649,51
1-D	12	2	1089	57,9541	598,79	649,51
1-E	18	2	729	57,9541	613,07	649,51
1-F	24	2	441	57,9541	627,35	649,51
1-G	30	2	225	57,9541	641,63	649,51
1-H	36	2	81	57,9541	655,91	649,51
1-I	42	2	9	57,9541	670,19	649,51
1-J	48	2	9	57,9541	684,47	649,51
1-K	54	2	81	57,9541	698,75	649,51
1-L	60	2	225	57,9541	713,03	649,51
1-M	66	2	441	57,9541	727,31	649,51
1-N	72	2	729	57,9541	741,59	649,51
1-O	78	2	1089	57,9541	755,87	649,51
1-P	84	2	1521	57,9541	770,15	649,51
1-Q	87,5	2	1806,25	57,9541	778,48	649,51
2-A	0	6	2025	13,052	570,23	664,13
2-B	2,5	6	180625	13,052	576,18	664,13
2-C	6	6	1521	13,052	584,51	664,13

2-D	12	6	1089	13,052	598,79	664,13
2-E	18	6	729	13,052	613,07	664,13
2-F	24	6	441	13,052	627,35	664,13
2-G	30	6	225	13,052	641,63	664,13
2-H	36	6	81	13,052	655,91	664,13
2-I	42	6	9	13,052	670,19	664,13
2-J	48	6	9	13,052	684,47	664,13
2-K	54	6	81	13,052	698,75	664,13
2-L	60	6	225	13,052	713,03	664,13
2-M	66	6	441	13,052	727,31	664,13
2-N	72	6	729	13,052	741,59	664,13
2-O	78	6	1089	13,052	755,87	664,13
2-P	84	6	1521	13,052	770,15	664,13
2-Q	87,5	6	1806,25	13,052	778,48	664,13
2-R	90	6	2025	13,052	784,43	664,13
3-A	0	9,5	2025	0,01271	570,23	676,92
3-C	6	9,5	1521	0,01271	584,51	676,92
3-I	42	9,5	9	0,01271	670,19	676,92

3-J	48	9,5	9	0,01271	684,47	676,92
3-P	84	9,5	1521	0,01271	770,15	676,92
3-R	90	9,5	2025	0,01271	784,43	676,92
4-A	0	13	2025	11,4734	570,23	689,71
4-B	2,5	13	1806,25	11,4734	576,18	689,71
4-C	6	13	1521	11,4734	584,51	689,71
4-D	12	13	1089	11,4734	598,79	689,71
4-E	18	13	729	11,4734	613,07	689,71
4-F	24	13	441	11,4734	627,35	689,71
4-G	30	13	225	11,4734	641,63	689,71
4-H	36	13	81	11,4734	655,91	689,71
4-I	42	13	9	11,4734	670,19	689,71
4-J	48	13	9	11,4734	684,47	689,71
4-K	54	13	81	11,4734	698,75	689,71
4-L	60	13	225	11,4734	713,03	689,71
4-M	66	13	441	11,4734	727,31	689,71
4-N	72	13	729	11,4734	741,59	689,71
4-O	78	13	1089	11,4734	755,87	689,71

4-P	84	13	1521	11,4734	770,15	689,71
4-Q	87,5	13	1806,25	11,4734	778,48	689,71
4-R	90	13	2025	11,4734	784,43	689,71
5-B	2,5	17	1806,25	54,5713	576,18	704,32
5-C	6	17	1521	54,5713	584,51	704,32
5-D	12	17	1089	54,5713	598,79	704,32
5-E	18	17	729	54,5713	613,07	704,32
5-F	24	17	441	54,5713	627,35	704,32
5-G	30	17	225	54,5713	641,63	704,32
5-H	36	17	81	54,5713	655,91	704,32
5-I	42	17	9	54,5713	670,19	704,32
5-J	48	17	9	54,5713	684,47	704,32
5-K	54	17	81	54,5713	698,75	704,32
5-L	60	17	225	54,5713	713,03	704,32
5-M	66	17	441	54,5713	727,31	704,32
5-N	72	17	729	54,5713	741,59	704,32
5-O	78	17	1089	54,5713	755,87	704,32
5-P	84	17	1521	54,5713	770,15	704,32

5-Q	87,5	17	1806,25	54,5713	778,48	704,32
5'-I	42	19	9	88,1203	670,19	711,63
5'-J	48	19	9	88,1203	684,47	711,63
	3420	741	62438	2418,18		

b. Lantai 4

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_4 \\ &= 2,89 \times 76941,45 \text{ kg} \\ &= 222110,75 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_4 \\ &= 0,17 \times 76941,45 \text{ kg} \\ &= 13208,21 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$F_x = (F_4/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } x \cdot x / \sum(x^2))$$

$$F_y = (F_4/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } y \cdot y / \sum(y^2))$$

Tabel 4.34 Beban Gempa Lantai 4

Elemen	X	Y	X ²	Y ²	F _x	F _y
1-B	2,5	2	1806,25	57,9541	861,20	970,81
1-C	6	2	1521	57,9541	873,65	970,81
1-D	12	2	1089	57,9541	895,00	970,81
1-E	18	2	729	57,9541	916,34	970,81
1-F	24	2	441	57,9541	937,68	970,81
1-G	30	2	225	57,9541	959,03	970,81
1-H	36	2	81	57,9541	980,37	970,81

1-I	42	2	9	57,9541	1001,72	970,81
1-J	48	2	9	57,9541	1023,06	970,81
1-K	54	2	81	57,9541	1044,40	970,81
1-L	60	2	225	57,9541	1065,75	970,81
1-M	66	2	441	57,9541	1087,09	970,81
1-N	72	2	729	57,9541	1108,43	970,81
1-O	78	2	1089	57,9541	1129,78	970,81
1-P	84	2	1521	57,9541	1151,12	970,81
1-Q	87,5	2	1806,25	57,9541	1163,57	970,81
2-A	0	6	2025	13,052	852,31	992,65
2-B	2,5	6	180625	13,052	861,20	992,65
2-C	6	6	1521	13,052	873,65	992,65
2-D	12	6	1089	13,052	895,00	992,65
2-E	18	6	729	13,052	916,34	992,65
2-F	24	6	441	13,052	937,68	992,65
2-G	30	6	225	13,052	959,03	992,65
2-H	36	6	81	13,052	980,37	992,65
2-I	42	6	9	13,052	1001,72	992,65

2-J	48	6	9	13,052	1023,06	992,65
2-K	54	6	81	13,052	1044,40	992,65
2-L	60	6	225	13,052	1065,75	992,65
2-M	66	6	441	13,052	1087,09	992,65
2-N	72	6	729	13,052	1108,43	992,65
2-O	78	6	1089	13,052	1129,78	992,65
2-P	84	6	1521	13,052	1151,12	992,65
2-Q	87,5	6	1806,25	13,052	1163,57	992,65
2-R	90	6	2025	13,052	1172,47	992,65
3-A	0	9,5	2025	0,01271	852,31	1011,77
3-C	6	9,5	1521	0,01271	873,65	1011,77
3-I	42	9,5	9	0,01271	1001,72	1011,77
3-J	48	9,5	9	0,01271	1023,06	1011,77
3-P	84	9,5	1521	0,01271	1151,12	1011,77
3-R	90	9,5	2025	0,01271	1172,47	1011,77
4-A	0	13	2025	11,4734	852,31	1030,89
4-B	2,5	13	1806,25	11,4734	861,20	1030,89
4-C	6	13	1521	11,4734	873,65	1030,89

4-D	12	13	1089	11,4734	895,00	1030,89
4-E	18	13	729	11,4734	916,34	1030,89
4-F	24	13	441	11,4734	937,68	1030,89
4-G	30	13	225	11,4734	959,03	1030,89
4-H	36	13	81	11,4734	980,37	1030,89
4-I	42	13	9	11,4734	1001,72	1030,89
4-J	48	13	9	11,4734	1023,06	1030,89
4-K	54	13	81	11,4734	1044,40	1030,89
4-L	60	13	225	11,4734	1065,75	1030,89
4-M	66	13	441	11,4734	1087,09	1030,89
4-N	72	13	729	11,4734	1108,43	1030,89
4-O	78	13	1089	11,4734	1129,78	1030,89
4-P	84	13	1521	11,4734	1151,12	1030,89
4-Q	87,5	13	1806,25	11,4734	1163,57	1030,89
4-R	90	13	2025	11,4734	1172,47	1030,89
5-B	2,5	17	1806,25	54,5713	861,20	1052,74
5-C	6	17	1521	54,5713	873,65	1052,74
5-D	12	17	1089	54,5713	895,00	1052,74

5-E	18	17	729	54,5713	916,34	1052,74
5-F	24	17	441	54,5713	937,68	1052,74
5-G	30	17	225	54,5713	959,03	1052,74
5-H	36	17	81	54,5713	980,37	1052,74
5-I	42	17	9	54,5713	1001,72	1052,74
5-J	48	17	9	54,5713	1023,06	1052,74
5-K	54	17	81	54,5713	1044,40	1052,74
5-L	60	17	225	54,5713	1065,75	1052,74
5-M	66	17	441	54,5713	1087,09	1052,74
5-N	72	17	729	54,5713	1108,43	1052,74
5-O	78	17	1089	54,5713	1129,78	1052,74
5-P	84	17	1521	54,5713	1151,12	1052,74
5-Q	87,5	17	1806,25	54,5713	1163,57	1052,74
5'-I	42	19	9	88,1203	1001,72	1063,66
5'-J	48	19	9	88,1203	1023,06	1063,66
	3420	741	62438	2418,18		

c. Lantai 5

$$\begin{aligned}
 Mx &= \text{Eksentrisitas} \times F5 \\
 &= 2,89 \times 103239,82 \text{ kg} \\
 &= 298027,57 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 My &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F5 \\
 &= 0,17 \times 103239,82 \text{ kg} \\
 &= 17722,73 \text{ kgm} \\
 Fx &= (F5/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } x \cdot x / \sum(x^2)) \\
 Fy &= (F5/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } y \cdot y / \sum(y^2))
 \end{aligned}$$

Tabel 4.35 Beban Gempa lantai 5

Elemen	x	y	x'^2	y'^2	Fx	Fy
1-B	2,5	2	1806,25	57,95411	1155,56	1302,63
1-C	6	2	1521	57,95411	1172,26	1302,63
1-D	12	2	1089	57,95411	1200,90	1302,63
1-E	18	2	729	57,95411	1229,54	1302,63
1-F	24	2	441	57,95411	1258,18	1302,63
1-G	30	2	225	57,95411	1286,82	1302,63
1-H	36	2	81	57,95411	1315,46	1302,63
1-I	42	2	9	57,95411	1344,10	1302,63
1-J	48	2	9	57,95411	1372,74	1302,63
1-K	54	2	81	57,95411	1401,38	1302,63
1-L	60	2	225	57,95411	1430,02	1302,63

1-M	66	2	441	57,95411	1458,66	1302,63
1-N	72	2	729	57,95411	1487,29	1302,63
1-O	78	2	1089	57,95411	1515,93	1302,63
1-P	84	2	1521	57,95411	1544,57	1302,63
1-Q	87,5	2	1806,25	57,95411	1561,28	1302,63
2-A	0	6	2025	13,05203	1143,63	1331,94
2-B	2,5	6	1806,25	13,05203	1155,56	1331,94
2-C	6	6	1521	13,05203	1172,26	1331,94
2-D	12	6	1089	13,05203	1200,90	1331,94
2-E	18	6	729	13,05203	1229,54	1331,94
2-F	24	6	441	13,05203	1258,18	1331,94
2-G	30	6	225	13,05203	1286,82	1331,94
2-H	36	6	81	13,05203	1315,46	1331,94
2-I	42	6	9	13,05203	1344,10	1331,94
2-J	48	6	9	13,05203	1372,74	1331,94
2-K	54	6	81	13,05203	1401,38	1331,94
2-L	60	6	225	13,05203	1430,02	1331,94
2-M	66	6	441	13,05203	1458,66	1331,94

2-N	72	6	729	13,05203	1487,29	1331,94
2-O	78	6	1089	13,05203	1515,93	1331,94
2-P	84	6	1521	13,05203	1544,57	1331,94
2-Q	87,5	6	1806,25	13,05203	1561,28	1331,94
2-R	90	6	2025	13,05203	1573,21	1331,94
3-A	0	9,5	2025	0,012715	1143,63	1357,59
3-C	6	9,5	1521	0,012715	1172,26	1357,59
3-I	42	9,5	9	0,012715	1344,10	1357,59
3-J	48	9,5	9	0,012715	1372,74	1357,59
3-P	84	9,5	1521	0,012715	1544,57	1357,59
3-R	90	9,5	2025	0,012715	1573,21	1357,59
4-A	0	13	2025	11,4734	1143,63	1383,24
4-B	2,5	13	1806,25	11,4734	1155,56	1383,24
4-C	6	13	1521	11,4734	1172,26	1383,24
4-D	12	13	1089	11,4734	1200,90	1383,24
4-E	18	13	729	11,4734	1229,54	1383,24
4-F	24	13	441	11,4734	1258,18	1383,24
4-G	30	13	225	11,4734	1286,82	1383,24

4-H	36	13	81	11,4734	1315,46	1383,24
4-I	42	13	9	11,4734	1344,10	1383,24
4-J	48	13	9	11,4734	1372,74	1383,24
4-K	54	13	81	11,4734	1401,38	1383,24
4-L	60	13	225	11,4734	1430,02	1383,24
4-M	66	13	441	11,4734	1458,66	1383,24
4-N	72	13	729	11,4734	1487,29	1383,24
4-O	78	13	1089	11,4734	1515,93	1383,24
4-P	84	13	1521	11,4734	1544,57	1383,24
4-Q	87,5	13	1806,25	11,4734	1561,28	1383,24
4-R	90	13	2025	11,4734	1573,21	1383,24
5-B	2,5	17	1806,25	54,57132	1155,56	1412,56
5-C	6	17	1521	54,57132	1172,26	1412,56
5-D	12	17	1089	54,57132	1200,90	1412,56
5-E	18	17	729	54,57132	1229,54	1412,56
5-F	24	17	441	54,57132	1258,18	1412,56
5-G	30	17	225	54,57132	1286,82	1412,56
5-H	36	17	81	54,57132	1315,46	1412,56

5-I	42	17	9	54,57132	1344,10	1412,56
5-J	48	17	9	54,57132	1372,74	1412,56
5-K	54	17	81	54,57132	1401,38	1412,56
5-L	60	17	225	54,57132	1430,02	1412,56
5-M	66	17	441	54,57132	1458,66	1412,56
5-N	72	17	729	54,57132	1487,29	1412,56
5-O	78	17	1089	54,57132	1515,93	1412,56
5-P	84	17	1521	54,57132	1544,57	1412,56
5-Q	87,5	17	1806,25	54,57132	1561,28	1412,56
5'-I	42	19	9	88,12028	1344,10	1427,22
5'-J	48	19	9	88,12028	1372,74	1427,22
JUMLAH			62438	2418,181		

d. Lantai Atap

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_6 \\
 &= 0,01 \times 111587,94 \text{ kg} \\
 &= 1515,74 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_6 \\
 &= 0,16 \times 111587,94 \text{ kg} \\
 &= 18149,58 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$F_x = (F_6/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } x \cdot x / \sum(x^2))$$

$$F_y = (F_6/n \text{ kolom}) + (\text{Eksentrisitas } y \cdot y / \sum(y^2))$$

Tabel 4.36 Beban Gempa Lantai Atap

Elemen	x	y	x'^2	y'^2	F _x	F _y
1-B	2,5	2	1806,25	57,95411	1467,23	1305,3280
1-C	6	2	1521	57,95411	1467,32	1305,3280
1-D	12	2	1089	57,95411	1467,46	1305,3280
1-E	18	2	729	57,95411	1467,61	1305,3280
1-F	24	2	441	57,95411	1467,75	1305,3280
1-G	30	2	225	57,95411	1467,90	1305,3280
1-H	36	2	81	57,95411	1468,04	1305,3280
1-I	42	2	9	57,95411	1468,19	1305,3280
1-J	48	2	9	57,95411	1468,34	1305,3280
1-K	54	2	81	57,95411	1468,48	1305,3280
1-L	60	2	225	57,95411	1468,63	1305,3280
1-M	66	2	441	57,95411	1468,77	1305,3280
1-N	72	2	729	57,95411	1468,92	1305,3280
1-O	78	2	1089	57,95411	1469,06	1305,3280
1-P	84	2	1521	57,95411	1469,21	1305,3280
1-Q	87,5	2	1806,25	57,95411	1469,29	1305,3280

2-A	0	6	2025	13,05203	1467,17	1333,0990
2-B	2,5	6	1806,25	13,05203	1467,23	1333,0990
2-C	6	6	1521	13,05203	1467,32	1333,0990
2-D	12	6	1089	13,05203	1467,46	1333,0990
2-E	18	6	729	13,05203	1467,61	1333,0990
2-F	24	6	441	13,05203	1467,75	1333,0990
2-G	30	6	225	13,05203	1467,90	1333,0990
2-H	36	6	81	13,05203	1468,04	1333,0990
2-I	42	6	9	13,05203	1468,19	1333,0990
2-J	48	6	9	13,05203	1468,34	1333,0990
2-K	54	6	81	13,05203	1468,48	1333,0990
2-L	60	6	225	13,05203	1468,63	1333,0990
2-M	66	6	441	13,05203	1468,77	1333,0990
2-N	72	6	729	13,05203	1468,92	1333,0990
2-O	78	6	1089	13,05203	1469,06	1333,0990
2-P	84	6	1521	13,05203	1469,21	1333,0990
2-Q	87,5	6	1806,25	13,05203	1469,29	1333,0990
2-R	90	6	2025	13,05203	1469,35	1333,0990

3-A	0	9,5	2025	0,012715	1467,17	1357,3987
3-C	6	9,5	1521	0,012715	1467,32	1357,3987
3-I	42	9,5	9	0,012715	1468,19	1357,3987
3-J	48	9,5	9	0,012715	1468,34	1357,3987
3-P	84	9,5	1521	0,012715	1469,21	1357,3987
3-R	90	9,5	2025	0,012715	1469,35	1357,3987
4-A	0	13	2025	11,4734	1467,17	1381,6983
4-B	2,5	13	1806,25	11,4734	1467,23	1381,6983
4-C	6	13	1521	11,4734	1467,32	1381,6983
4-D	12	13	1089	11,4734	1467,46	1381,6983
4-E	18	13	729	11,4734	1467,61	1381,6983
4-F	24	13	441	11,4734	1467,75	1381,6983
4-G	30	13	225	11,4734	1467,90	1381,6983
4-H	36	13	81	11,4734	1468,04	1381,6983
4-I	42	13	9	11,4734	1468,19	1381,6983
4-J	48	13	9	11,4734	1468,34	1381,6983
4-K	54	13	81	11,4734	1468,48	1381,6983
4-L	60	13	225	11,4734	1468,63	1381,6983

4-M	66	13	441	11,4734	1468,77	1381,6983
4-N	72	13	729	11,4734	1468,92	1381,6983
4-O	78	13	1089	11,4734	1469,06	1381,6983
4-P	84	13	1521	11,4734	1469,21	1381,6983
4-Q	87,5	13	1806,25	11,4734	1469,29	1381,6983
4-R	90	13	2025	11,4734	1469,35	1381,6983
5-B	2,5	17	1806,25	54,57132	1467,23	1409,4693
5-C	6	17	1521	54,57132	1467,32	1409,4693
5-D	12	17	1089	54,57132	1467,46	1409,4693
5-E	18	17	729	54,57132	1467,61	1409,4693
5-F	24	17	441	54,57132	1467,75	1409,4693
5-G	30	17	225	54,57132	1467,90	1409,4693
5-H	36	17	81	54,57132	1468,04	1409,4693
5-I	42	17	9	54,57132	1468,19	1409,4693
5-J	48	17	9	54,57132	1468,34	1409,4693
5-K	54	17	81	54,57132	1468,48	1409,4693
5-L	60	17	225	54,57132	1468,63	1409,4693
5-M	66	17	441	54,57132	1468,77	1409,4693

5-N	72	17	729	54,57132	1468,92	1409,4693
5-O	78	17	1089	54,57132	1469,06	1409,4693
5-P	84	17	1521	54,57132	1469,21	1409,4693
5-Q	87,5	17	1806,25	54,57132	1469,29	1409,4693
5'-I	42	19	9	88,12028	1468,19	1423,3548
5'-J	48	19	9	88,12028	1468,34	1423,3548
JUMLAH			62438	2418,181		

4.3 Perhitungan Struktur

4.3.1 Perhitungan Struktur Sekunder

4.3.1.1 Perhitungan Pelat

4.3.1.1.1 Pelat Atap

- **Penulangan Pelat Atap (Arah X)**

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 30 \text{ MPa} \\
 L_2 &= 2,8 \text{ m} \\
 L_1 &= 4,0 \text{ m} \\
 L_n &= 3,6 \text{ m} \\
 f_y &= 240 \text{ MPa} \\
 B_1 &= 0,85 \quad (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Pasal } 10.2.7.3) \\
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 \text{tebal plat} &= 100 \text{ mm} \\
 \text{decking} &= 20 \text{ mm} \\
 \text{Tul.rencana lentur} &= \varnothing 10 \\
 E_{cb} = E_{cs} &= 25742,96 \text{ MPa} \\
 I_b &= 7200000000 \text{ mm}^4 \\
 I_s &= 229166667 \text{ mm}^4 \\
 dx &= 100 - 20 - (1/2 \cdot 10) = 75 \text{ mm} \\
 dy &= 100 - 20 - 10 - (1/2 \cdot 10) = 65 \text{ mm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 9,41 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,065 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,065 = 0,048
 \end{aligned}$$

Beban Mati plat atap yang ditinjau :

Berat plat sendiri (0,12cm x 2400kg/m³) = 288 kg/m²

Plafon dan Penggantung (brosur) = 12,4 kg/m

Instalansi Listrik (brosur)	= 9 kg/m ²
Plumbing (brosur)	= 15 kg/m ²
Aspal (brosur)	= 11 kg/m ²
Total QDL	= 335 kg/m²

Beban Hidup yang terjadi :

Beban Atap	= 96 kg/m ²
Beban Hujan	= 24,5 kg/m ²
Total QLL	= 120,5 kg/m²

Beban Ultimate rencana SNI 2847;2013 pasal 9.2.1

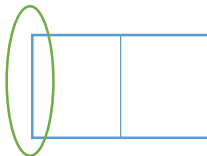
$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2(335) + 1,6(120,5)$$

$$Q_u = 595 \text{ kg/m}^2$$

Penulangan pada pelat

Arah X Eksterior



- Menghitung statis total, M_o

$$M_o = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 2,1 \text{ m} \cdot 3,6^2}{8}$$

$$M_o = 2649,3 \text{ kgm}$$

- Momen negatif interior = $0,7 \times 2649,3 \text{ kgm}$

$$M_{ni} = 1854,5 \text{ kgm}$$

- M_i pada lajur kolom = $0,75 \times M_{ni}$

$$= 0,75 \times 1854,5 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 &= -1390,9 \text{ kgm} \\
 \blacksquare \text{ Mi per satuan lebar} &= \frac{\text{Mi lajur kolom}}{0,5lkka+0,5lkki} \\
 &= \frac{-1390,9 \text{ kgm}}{0,875+0,75} \\
 &= 855,9 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

*lkka = lajur kolom kanan

*lkki = lajur kolom kiri

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Mi pada lajur tengah} &= 0,25 \times Mni \\
 &= 0,25 \times -1854,5 \text{ kgm} \\
 &= -463,6 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai Mi pada lajur tengah = -463,6 kgm

$$\begin{aligned}
 - \text{ Momen positif} &= 0,57 \times 2649,3 \text{ kgm} \\
 M_p &= 1510,1 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare M^+ \text{ pada lajur kolom} &= 0,6 \times M_p \\
 &= 0,6 \times 1510,1 \text{ kgm} \\
 &= 906,1 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare M^+ \text{ per satuan lebar} &= \frac{M_p \text{ lajur kolom}}{0,5lkka+0,5lkki} \\
 &= \frac{1510,1 \text{ kgm}}{0,875+0,75} \\
 &= 557,6 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

*lkka = lajur kolom kanan

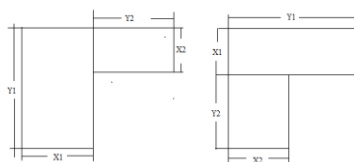
*lkki = lajur kolom kiri

$$\begin{aligned}
 \blacksquare M^+ \text{ pada lajur tengah} &= 0,4 \times M_p \\
 &= 0,4 \times 1510,1 \text{ kgm} \\
 &= 604,0 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai M^+ lajur tengah = 604,0 kgm

$$- \text{ Momen negatif eksterior} = 0,16 \times 2649,3 \text{ kgm}$$

$$M_{ne} = 423,9 \text{ kgm}$$



$$C = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{600} \right) \frac{400^3 600}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{100}{500} \right) \frac{100^3 500}{3} \right]$$

$$C1 = 7569666667 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{500} \right) \frac{400^3 500}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{100}{900} \right) \frac{100^3 900}{3} \right]$$

$$C2 = 5569666667 \text{ mm}^4$$

Diambil nilai C yang terbesar = 7569666667 mm^4

$$I_s = \frac{l_2 \times h_{plat}^3}{12} = \frac{2800 \times 100^3}{12} = 229166666,7$$

$E_{cb} = E_{cs}$ karena $F_{cb}' = F_{cs}$

$$\beta t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s} = \frac{7569666667 \text{ mm}^4}{2 \times 229166666,7} = 16,52$$

Tabel 4.37 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom

13.6.4.2 Lajur kolom harus diporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior:

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$(\alpha t/l_1) = 0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha t/l_1) \geq 1,0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	90	75	45

Berdasarkan interpolasi nilai – nilai pada tabel 4.37, presentase distribusi sebesar 75% , sehingga :

$$\begin{aligned} \blacksquare M^e \text{ pada lajur kolom} &= 0,75 \times M_{ne} \\ &= 0,75 \times -423,9 \text{ kgm} \\ &= -317,9 \text{ kgm} \\ \blacksquare M^e \text{ per satuan lebar} &= \frac{M_{ne} \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}} \\ &= \frac{-317,9 \text{ kgm}}{0,875 + 0,75} \\ &= -195,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

*l_{kka} = lajur kolom kanan

*l_{kki} = lajur kolom kiri

$$\begin{aligned} \blacksquare M^e \text{ pada lajur tengah} &= M_{ne} - M^e \\ \text{lajur kolom} &= -423,9 - (-317,9) \\ &= -106,0 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Diambil nilai M^e lajur tengah = -106,0 kgm

- Tulangan Tumpuan X (Momen Negatif Interior)

$$M_u = 4636273,95 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{4636273,95 \text{ Nmm}}{0,9} = 5151415,5$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times (d)^2} = \frac{5151415,5}{1000 \times (75 \text{ mm})^2} = 0,916$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n) / f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (9,411 \cdot 0,916) / 240})$$

$$\rho = 0,0039$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$\text{Maka : } 0,0058 > 0,0039 < 0,048$$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

$$\text{Sehingga : } 0,0058 > 0,0051 < 0,048$$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{\min} , maka digunakan $\rho = 0,0058$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$= 437,5 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

As pakai > As Perlu

$$565,2 \text{ mm}^2 > 437,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 12-200$

- Tulangan Lapangan X (Momen Positif)

$$M_u = 6040402,632 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{6040402,632 \text{ Nmm}}{0,9} = 6711558,48$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x \cdot (d \cdot x)^2} = \frac{6711558,48}{1000 \cdot x \cdot (75 \text{ mm})^2} = 1,193$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n) / f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 9,411 \cdot 1,193) / 240})$$

$$\rho = 0,0051$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$\text{Maka : } 0,0058 > 0,0051 < 0,048$$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

$$\text{Sehingga : } 0,0058 > 0,0067 < 0,048$$

$$\text{Maka digunakan } \rho = 0,0067$$

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0,0067 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$= 496,6 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

As pakai > As Perlu

$$565,2 \text{ mm}^2 > 496,6 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 12-200$

- Tulangan tumpuan X (Momen Negatif Eksterior)

$$\text{Mu} = 1059719,76 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{1059719,76 \text{ Nmm}}{0,9} = 1177466,4$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{bx(dx)^2} = \frac{1177466,4}{1000x(75 \text{ mm})^2} = 0,210$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot \text{Rn})/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2 \cdot 9,411 \cdot 0,210)/240})$$

$$\rho = 0,000876$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0058 > 0,000876 < 0,048$$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

$$\text{Sehingga : } 0,0058 > 0,001139 < 0,048$$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{\min} , maka digunakan $\rho = 0,001139$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,001139 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$= 437,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As Perlu}$$

$$565,2 \text{ mm}^2 > 437,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 12-200$

- **Penulangan Pelat Atap (Arah Y)**

Data perencanaan :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$L2 = 2 \text{ m}$$

$$L1 = 3,0 \text{ m}$$

$$L_n = 2,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 F_y &= 240 \text{ MPa} \\
 B1 &= 0,85 \quad (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Pasal } 10.2.7.3) \\
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 \text{tebal plat} &= 100 \text{ mm} \\
 \text{decking} &= 20 \text{ mm} \\
 \text{Tul.rencana lentur} &= \varnothing 10 \\
 E_{cb} &= E_{cs} = 25742,96 \text{ MPa} \\
 I_b &= 7200000000 \text{ mm}^4 \\
 I_s &= 166666666,7 \text{ mm}^4 \\
 dx &= 100-20-(1/2.10) = 75 \text{ mm} \\
 dy &= 100-20-10-(1/2.10) = 65 \text{ mm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 9,41 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,065 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,065 = 0,048
 \end{aligned}$$

Beban Mati plat atap yang ditinjau :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat plat sendiri (0,12cm x 2400kg/m}^3) &= 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plafon dan Penggantung (brosur)} &= 12,4 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Instalansi Listrik (brosur)} &= 9 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plumbing (brosur)} &= 15 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Aspal (brosur)} &= 11 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total QDL} &= 335 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Hidup yang terjadi :

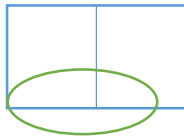
$$\begin{aligned}
 \text{Beban Atap} &= 96 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban Hujan} &= 24,5 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total QLL} &= 120,5 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Ultimate rencana SNI 2847;2013 pasal 9.2.1

$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2(335) + 1,6(120,5)$$

$$Q_u = 595 \text{ kg/m}^2$$

Penulangan pada pelat**Arah Y Eksterior**

- Menghitung statis total, M_o

$$M_o = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 2\text{m} \cdot 2,6^2}{8}$$

$$M_o = 1005,01 \text{ kgm}$$

- Momen negatif interior = $0,7 \times 1005,01 \text{ kgm}$

$$M_{ni} = 704 \text{ kgm}$$

- M_i pada lajur kolom = $0,75 \times M_{ni}$
 $= 0,75 \times 704 \text{ kgm}$
 $= -527,6 \text{ kgm}$

- M_i per satuan lebar = $\frac{M_i \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{-527,6 \text{ kgm}}{0,5 + 0,5}$
 $= -527,6 \text{ kgm}$

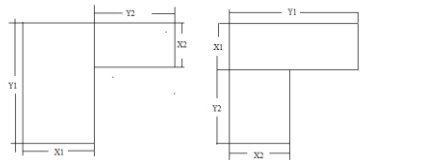
* l_{kka} = lajur kolom kanan

* l_{kki} = lajur kolom kiri

- M_i pada lajur tengah = $0,25 \times M_{ni}$
 $= 0,25 \times -527,6 \text{ kgm}$
 $= -175,9 \text{ kgm}$

Diambil nilai M_i pada lajur tengah = $-175,9 \text{ kgm}$

- Momen positif $= 0,57 \times 1005,01 \text{ kgm}$
 $M_p = 573 \text{ kgm}$
 - M^+ pada lajur kolom $= 0,6 \times M_p$
 $= 0,6 \times 573 \text{ kgm}$
 $= 343,7 \text{ kgm}$
 - M^+ per satuan lebar $= \frac{M_p \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{343,7 \text{ kgm}}{0,5 + 0,5}$
 $= 557,6 \text{ kgm}$
- * l_{kka} = lajur kolom kanan
 * l_{kki} = lajur kolom kiri
- M^+ pada lajur tengah $= 0,4 \times M_p$
 $= 0,4 \times 573 \text{ kgm}$
 $= 229,1 \text{ kgm}$
 Diambil nilai M^+ lajur tengah $= 229,1 \text{ kgm}$
- Momen negatif eksterior $= 0,16 \times 1005,01 \text{ kgm}$
 $M_{ne} = 161 \text{ kgm}$



$$C = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{600} \right) \frac{400^3 600}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{100}{500} \right) \frac{100^3 500}{3} \right]$$

$$C1 = 7569666667 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{500} \right) \frac{400^3 500}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{100}{900} \right) \frac{100^3 900}{3} \right]$$

$$C2 = 5569666667 \text{ mm}^4$$

Diambil nilai C yang terbesar =
 7569666667 mm^4

$$I_s = \frac{l_2 \times h_{plat}^3}{12} = \frac{2000 \times 100^3}{12} = 166666667$$

$E_{cb} = E_{cs}$ karena $F_{cb} = F_{cs}$

$$\beta t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s} = \frac{7569666667 \text{ mm}^4}{2 \times 166666667} = 22,71$$

Tabel 4.38 Pembagian momen negative terfaktor
 eksterior pada lajur kolom

13.6.4.2 Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior:

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$(\alpha l_2/l_1) = 0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha l_2/l_1) \geq 1,0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	90	75	45

Berdasarkan interpolasi nilai – nilai pada tabel
4.38 presentase distribusi sebesar 75% , sehingga
 :

- M^- pada lajur kolom = $0,75 \times M_{ne}$
 $= 0,75 \times -161 \text{ kgm}$
 $= -120,6 \text{ kgm}$
- M^- per satuan lebar = $\frac{M_{ne} \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{-120,6 \text{ kgm}}{0,5 + 0,5}$
 $= -37,1 \text{ kgm}$

* l_{kka} = lajur kolom kanan

* l_{kki} = lajur kolom kiri

- M^- pada lajur tengah = $M_{ne} - M^-$
 lajur kolom
 $= -161 - (-120,6)$
 $= -40,2 \text{ kgm}$

Diambil nilai M^- lajur tengah = $-40,2 \text{ kgm}$

- Tulangan Tumpuan Y (Momen Negatif Interior)

$$Mu = 1758766 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{1758766 \text{ Nmm}}{0.9} = 1954185$$

$$Rn = \frac{Mn}{bx(dx)^2} = \frac{1954185}{1000x(75 \text{ mm})^2} = 0,347$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/fy})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2x9,411x0,347)/240})$$

$$\rho = 0,001458$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0058 > 0,001458 < 0,048$$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

$$\text{Sehingga : } 0,0058 > 0,001895 < 0,048$$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{\min} , maka digunakan $\rho = 0,0058$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$= 437,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As Perlu}$$

$$565,2 \text{ mm}^2 > 437,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\approx 12-200$

- Tulangan Lapangan Y (Momen Positif)

$$Mu = 2291421 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{2291421 \text{ Nmm}}{0.9} = 2546023$$

$$Rn = \frac{Mn}{bx(dx)^2} = \frac{2546023}{1000x(75 \text{ mm})^2} = 0,452626$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/fy})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \times 9,411 \cdot 0,45263)/240})$$

$$\rho = 0,001093$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Maka : $0,0058 > 0,001093 < 0,048$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0058 > 0,002474 < 0,048$

Maka digunakan $\rho = 0,0058$

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$= 437,5 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

As pakai = $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

As pakai $>$ As Perlu

$565,2 \text{ mm}^2 > 437,5 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\phi 12-200$

- Tulangan tumpuan Y (Momen Negatif Eksterior)

$$M_u = 402003,7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{402003,7 \text{ Nmm}}{0,9} = 446670,8$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x(dx)^2} = \frac{446670,8}{1000 \times (75 \text{ mm})^2} = 0,079408$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2,9,411 \cdot 0,0794)/240})$$

$$\rho = 0,000331$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Maka : $0,0058 > 0,000331 < 0,048$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0058 > 0,000431 < 0,048$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{min} , maka digunakan $\rho = 0,0058$

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm} \\ = 437,5 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $S_{max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s) \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200) \\ &= 565,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As pakai > As Perlu

$$565,2 \text{ mm}^2 > 437,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 12-200$

4.3.1.1.2 Pelat Lantai

- **Penulangan Pelat Lantai (Arah X)**

Data perencanaan :

F_c'	= 30 MPa	
L2	= 1,5 m	
L1	= 4,0 m	
L_n	= 3,6 m	
F_y	= 240 MPa	
B1	= 0,85 (SNI 2847:2013	Pasal
10.2.7.3)		
b	= 1000 mm	
tebal plat	= 120 mm	
decking	= 20 mm	
Tul.rencana lentur	= $\varnothing 12$	
$E_{cb} = E_{cs}$	= 25742,96 MPa	
I_b	= 7200000000 mm	
I_s	= 2160000000 mm	
dx	= $120 - 20 - (1/2 \cdot 12)$	= 94
mm		
dy	= $120 - 20 - 10 - (1/2 \cdot 12)$	= 84 mm

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 9,41$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,065$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,065 = 0,048$$

Beban Mati plat atap yang ditinjau :

Berat plat sendiri (0,12cm x 2400kg/m³) = 288 kg/m²

Spesi = 24 kg/m²

Keramik = 15 kg/m²

Plafon dan Penggantung (brosur) = 12,4 kg/m²

Instalansi Listrik (brosur) = 9 kg/m²

Plumbing (brosur) = 15 kg/m²

Total QDL = 363 kg/m²

Beban Hidup yang terjadi :

Beban Tempat tinggal = 200 kg/m²

Total QLL = 200 kg/m²

Beban Ultimate rencana SNI 2847;2013 pasal 9.2.1

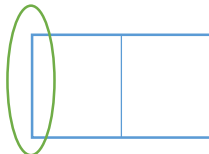
$Q_u = 1,2D + 1,6L$

$Q_u = 1,2(363) + 1,6(200)$

$Q_u = 756 \text{ kg/m}^2$

Penulangan pada pelat

Arah X Eksterior



- Menghitung statis total, M_o

$$M_o = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 1,5\text{m} \cdot 3,6^2}{8}$$

$$M_o = 1837,27 \text{ kgm}$$

- Momen negatif interior = $0,7 \times 1837,27 \text{ kgm}$

$$M_{ni} = 1286,1 \text{ kgm}$$
 - Mi pada lajur kolom = $0,75 \times M_{ni}$

$$= 0,75 \times 1286,1 \text{ kgm}$$

$$= -946,6 \text{ kgm}$$
 - Mi per satuan lebar = $\frac{M_{ni} \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$

$$= \frac{-946,6 \text{ kgm}}{0,75 + 0}$$

$$= 1262,13 \text{ kgm}$$

*Ikka = lajur kolom kanan
*Ikki = lajur kolom kiri
 - Mi pada lajur tengah = $0,25 \times M_{ni}$

$$= 0,25 \times 1286,1 \text{ kgm}$$

$$= -321,53 \text{ kgm}$$

Diambil nilai Mi pada lajur tengah = -321,53 kgm

- Momen positif = $0,57 \times 1837,27 \text{ kgm}$

$$M_p = 1047,2 \text{ kgm}$$
 - M^+ pada lajur kolom = $0,6 \times M_p$

$$= 0,6 \times 1047,2 \text{ kgm}$$

$$= 628,3 \text{ kgm}$$
 - M^+ per satuan lebar = $\frac{M_p \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$

$$= \frac{628,3 \text{ kgm}}{0,75 + 0}$$

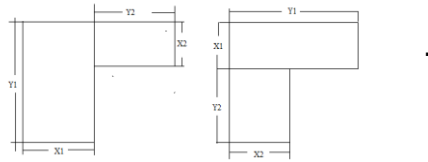
$$= 837,73 \text{ kgm}$$

*Ikka = lajur kolom kanan
*Ikki = lajur kolom kiri

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad M^+ \text{ pada lajur tengah} &= 0,4 \times M_p \\
 &= 0,4 \times 1047,2 \text{ kgm} \\
 &= 418,9 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai M^+ lajur tengah = 418,9 kgm

$$\begin{aligned}
 - \quad \text{Momen negatif eksterior} &= 0,16 \times 1837,27 \text{ kgm} \\
 M_{ne} &= 294,0 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 C &= \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right] \\
 C1 &= \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{600} \right) \frac{400^3 600}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{100}{500} \right) \frac{100^3 500}{3} \right] \\
 C1 &= 7656934400 \text{ mm}^4 \\
 C2 &= \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{500} \right) \frac{400^3 500}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{100}{900} \right) \frac{100^3 900}{3} \right] \\
 C2 &= 5166054400 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Diambil nilai C yang terbesar =
7656934400 mm⁴

$$I_s = \frac{l_2 \times h_{plat}^3}{12} = \frac{1500 \times 120^3}{12} = 216000000$$

Ecb = Ecs karena Fcb' = Fcs

$$\beta t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s} = \frac{7656934400 \text{ mm}^4}{2 \times 216000000} = 17,72$$

Tabel 4 39 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom

13.6.4.2 Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior:

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$(\alpha l_2/l_1) = 0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha l_2/l_1) \geq 1,0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	90	75	45

Berdasarkan interpolasi nilai – nilai pada tabel 4.38, presentase distribusi sebesar 75% , sehingga :

- M⁻e pada lajur kolom = $0,75 \times M_{ne}$
 $= 0,75 \times -294,0 \text{ kgm}$
 $= -220,5 \text{ kgm}$
- M⁻e per satuan lebar = $\frac{M_{ne} \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{-220,5 \text{ kgm}}{0,75 + 0}$
 $= -294 \text{ kgm}$

*l_{kka} = lajur kolom kanan

*l_{kki} = lajur kolom kiri

- M⁻e pada lajur tengah = $M_{ne} - M^{\text{-}}e$
lajur kolom
 $= -294,0 - (-220,5)$
 $= -73,5 \text{ kgm}$

Diambil nilai M⁻e lajur tengah = -73,5 kgm

- Tulangan Tumpuan X (Momen Negatif Interior)

$$M_u = 734909,76 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{734909,76 \text{ Nmm}}{0,9} = 816566,4$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x (d x)^2} = \frac{816566,4}{1000 x (94 \text{ mm})^2} = 0,092413581$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n) / f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \times 9,411 \times 0,0924) / 240})$$

$$\rho = 0,000385757$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0058 > 0,000385757 < 0,048$$

Karena lebih kecil dari ρ_{min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0058 > 0,000501 < 0,048$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{min} , maka digunakan $\rho = 0,0058$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 94 \text{ mm} \\ &= 548,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak $S_{max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s) \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200) \\ &= 565,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As pakai $>$ As Perlu

$565,2 \text{ mm}^2 > 548,33 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\phi 12-200$

- Tulangan Lapangan X (Momen Positif)

$$M_u = 4188985,632 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{4188985,632 \text{ Nmm}}{0,9} = 4654428,48$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x(dx)^2} = \frac{4654428,48}{1000 \times (94 \text{ mm})^2} = 0,526757$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2,9411 \times 0,52676)/240})$$

$$\rho = 0,002217973$$

Syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

Maka : $0,0058 > 0,002217973 < 0,048$

Karena lebih kecil dari ρ_{min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0058 > 0,002883 < 0,048$

Maka digunakan $\rho = 0,0058$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 94 \text{ mm} \\ &= 548,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak $S_{max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

As pakai $= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

As pakai $>$ As Perlu

$565,2 \text{ mm}^2 > 548,33 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\phi 12-200$

- Tulangan tumpuan X (Momen Negatif Eksterior)

$$M_u = 734909,76 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{734909,76 \text{ Nmm}}{0,9} = 816566,4$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x(dx)^2} = \frac{816566,4}{1000 \cdot x(94 \text{ mm})^2} = 0,092413581$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2 \cdot 9,411 \cdot 0,092414)/240})$$

$$\rho = 0,000385757$$

Syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

Maka : $0,0058 > 0,000385757 < 0,048$

Karena lebih kecil dari ρ_{min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0058 > 0,000501 < 0,048$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{min} , maka digunakan $\rho = 0,0058$

As perlu $= \rho \times b \times d$

$$= 0,001139 \times 1000 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$$

$$= 548,33 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $S_{max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

As pakai $= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

As pakai $>$ As Perlu

$565,2 \text{ mm}^2 > 548,33 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\phi 12-200$

- **Penulangan Pelat Lantai (Arah Y)**

Data perencanaan :

F_c'	= 30 MPa	
L2	= 1,75 m	
L1	= 2,5 m	
Ln	= 2,1 m	
F_y	= 240 MPa	
B1	= 0,85 (SNI 2847:2013	Pasal
10.2.7.3)		
b	= 1000 mm	
tebal plat	= 120 mm	
decking	= 20 mm	
Tul.rencana lentur	= $\varnothing 12$	
$E_{cb}=E_{cs}$	= 25742,96 MPa	
I_b	= 7200000000 mm	
I_s	= 252000000mm	
dx	= 120-20-(1/2.12)	= 94
mm		
dy	= 120-20-12-(1/2.12)=	84 mm
$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2}$		= 9,41
$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2}$		= 0,0058
$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right)$		= 0,065
$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,065$		= 0,048

Beban Mati plat atap yang ditinjau :

Berat plat sendiri (0,12cm x 2400kg/m ³)	= 288 kg/m ²
Spesi	= 24 kg/m ²
Keramik	= 15 kg/m ²
Plafon dan Penggantung (brosur)	= 12,4 kg/m ²
Instalansi Listrik (brosur)	= 9 kg/m ²
Plumbing (brosur)	= 15 kg/m ²

$$\text{Total QDL} = 363 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup yang terjadi :

$$\text{Beban Koridor} = 479 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total QLL} = 479 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate rencana SNI 2847;2013 pasal 9.2.1

$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2(363) + 1,6(479)$$

$$Q_u = 1202,48 \text{ kg/m}^2$$

Penulangan pada pelat

Arah Y Eksterior



- Menghitung statis total, M_o

$$M_o = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{1202,48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 1,75\text{m} \cdot 2,1^2}{8}$$

$$M_o = 1160,017 \text{ kgm}$$

- Momen negatif interior = $0,7 \times 1160,071 \text{ kgm}$

$$M_{ni} = 812 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mi pada lajur kolom} &= 0,75 \times M_{ni} \\ &= 0,75 \times 812 \text{ kgm} \\ &= -609,0 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mi per satuan lebar} &= \frac{\text{Mi lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}} \\ &= \frac{-609,0 \text{ kgm}}{0,625} \\ &= -974,4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

* l_{kka} = lajur kolom kanan

* l_{kki} = lajur kolom kiri

- M_i pada lajur tengah = $0,25 \times M_{ni}$
 $= 0,25 \times -812 \text{ kgm}$
 $= -203,0 \text{ kgm}$

Diambil nilai M_i pada lajur tengah = $-203,0 \text{ kgm}$

- Momen positif $M_p = 0,57 \times 1160,02 \text{ kgm}$
 $M_p = 661 \text{ kgm}$
- M^+ pada lajur kolom = $0,6 \times M_p$
 $= 0,6 \times 661 \text{ kgm}$
 $= 396,7 \text{ kgm}$
- M^+ per satuan lebar = $\frac{M_p \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{396,7 \text{ kgm}}{0,625}$
 $= 634,8 \text{ kgm}$

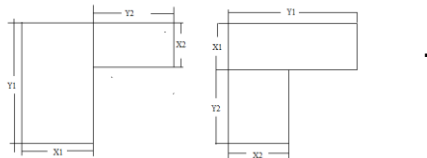
* l_{kka} = lajur kolom kanan

* l_{kki} = lajur kolom kiri

- M^+ pada lajur tengah = $0,4 \times M_p$
 $= 0,4 \times 661 \text{ kgm}$
 $= 264,5 \text{ kgm}$

Diambil nilai M^+ lajur tengah = $264,5 \text{ kgm}$

- Momen negatif eksterior = $0,16 \times 1160,02 \text{ kgm}$
 $M_{ne} = 186 \text{ kgm}$



$$C = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{600} \right) \frac{400^3 600}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{120}{480} \right) \frac{120^3 480}{3} \right]$$

$$C1 = 7656934400 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{500} \right) \frac{400^3 500}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{100}{900} \right) \frac{100^3 900}{3} \right]$$

$$C2 = 5327334400 \text{ mm}^4$$

Diambil nilai C yang terbesar =
7656934400 mm⁴

$$I_s = \frac{l_2 \times h_{plat}^3}{12} = \frac{1750 \times 120^3}{12} = 252000000$$

Ecb = Ecs karena Fcb' = Fcs

$$\beta t = \frac{Ecb C_t}{2 \times Ecs I_s} = \frac{7656934400 \text{ mm}^4}{2 \times 252000000} = 15,19$$

Tabel 4.40 Pembagian momen negative terfaktor
eksterior pada lajur kolom

13.6.4.2 Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior:

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$(\alpha t_2/t_1) = 0$	$\beta \geq 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha t_2/t_1) \geq 1,0$	$\beta \geq 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	90	75	45

Berdasarkan interpolasi nilai – nilai pada tabel 4.40 presentase distribusi sebesar 75% , sehingga :

- M^{-e} pada lajur kolom = 0,75 x Mne
= 0,75 x -186 kgm
= -139,2 kgm
- M^{-e} per satuan lebar = $\frac{Mne \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
= $\frac{-139,2 \text{ kgm}}{0,625}$
= -222,7 kgm

*lkka = lajur kolom kanan

*lkki = lajur kolom kiri

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ M}^e \text{ pada lajur tengah} &= \text{Mne} - \text{M}^e \\ \text{lajur kolom} &= -186 - (-139,2) \\ &= -46,4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Diambil nilai M^e lajur tengah = -46,4 kgm

- Tulangan Tumpuan Y (Momen Negatif Interior)

$$\text{Mu} = 2030030,494 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{2030030,494 \text{ Nmm}}{0,9} = 2255589,438$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{bx(dx)^2} = \frac{2255589,438}{1000x(84 \text{ mm})^2} = 0,335454$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot \text{Rn})/fy})$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2x9,411x0,33545)/240})$$

$$\rho = 0,001407$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Maka : $0,0058 > 0,001407 < 0,048$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0058 > 0,001829 < 0,048$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{\min} , maka digunakan $\rho = 0,0058$

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 82 \text{ mm}$$

$$= 478,33 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $\text{Smax} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

As pakai = $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 565,2 \text{ mm}^2$$

As pakai > As Perlu

$565,2 \text{ mm}^2 > 478,33 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\approx 12-200$

- Tulangan Lapangan Y (Momen Positif)

$$\begin{aligned} \mu &= 2644839,729 \text{ Nmm} \\ \mu_n &= \frac{2644839,729 \text{ Nmm}}{0.9} = 2938710,81 \\ R_n &= \frac{\mu_n}{b \cdot x(dx)^2} = \frac{2938710,81}{1000 \cdot (82 \text{ mm})^2} = 0,437048009 \\ \rho &= \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y}) \\ \rho &= \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 9,411 \cdot 0,43705)/240}) \\ \rho &= 0,001836912 \\ \text{Syarat } \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ \text{Maka : } 0,0058 &> 0,001836912 < 0,048 \\ \text{Karena lebih kecil dari } \rho_{\min}, &\text{ maka } \rho \text{ dinaikkan } 30\% \\ \text{Sehingga : } 0,0058 &> 0,002387986 < 0,048 \\ \text{Maka digunakan } \rho &= 0,0058 \\ \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 82 \text{ mm} \\ &= 478,33 \text{ mm}^2 \\ \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm} \\ \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s) \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200) \\ &= 565,2 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai} &> \text{As Perlu} \\ 565,2 \text{ mm}^2 &> 478,33 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\ \text{Jadi tulangan yang digunakan} &\approx 12-200 \end{aligned}$$
- Tulangan tumpuan Y (Momen Negatif Eksterior)

$$\begin{aligned} \mu &= 464006,97 \text{ Nmm} \\ \mu_n &= \frac{464006,97 \text{ Nmm}}{0.9} = 515563,3 \\ R_n &= \frac{\mu_n}{b \cdot x(dx)^2} = \frac{515563,3}{1000 \cdot (82 \text{ mm})^2} = 0,076675089 \\ \rho &= \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y}) \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{9,411} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2,9,411 \cdot 0,076675)/240})$$

$$\rho = 0,000319961$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Maka : $0,0058 > 0,000319961 < 0,048$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0058 > 0,000416 < 0,048$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{\min} , maka digunakan $\rho = 0,0058$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 82 \text{ mm} \\ &= 478,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak $S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s) \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/200) \\ &= 565,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As pakai $>$ As Perlu

$565,2 \text{ mm}^2 > 478,33 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 12$ -200

4.3.1.1.3 Pelat Lantai Wiremesh

- **Penulangan Pelat Lantai Wiremesh (Arah X)**

Data perencanaan :

F_c' = 30 MPa

L_2 = 2,38 m

L_1 = 4,0 m

L_n = 3,7 m

F_y = 500 MPa

B_1 = 0,85 (SNI 2847:2013 Pasal

10.2.7.3)

b = 1000 mm

tebal plat = 80 mm

decking	= 20 mm
Tul.rencana lentur	= M6
Ecb=Ecs	= 25742,96 MPa
Ib	= 3125000000mm
Is	= 101333333,3mm
dx	= 80-20-(1/2.6) = 57 mm
dy	= 80-20-6-(1/2.6)= 51 mm

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{500 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 19,61$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0028$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{500} \left(\frac{600}{600 + 500} \right) = 0,0236$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0236 = 0,0177$$

Beban Mati plat atap yang ditinjau :

Berat plat sendiri	= 34,7 kg/m ²
Spesi	= 24 kg/m ²
Keramik	= 15 kg/m ²
Mortar	= 168 kg/m ²
Total QDL	= 242 kg/m²

Beban Hidup yang terjadi :

Beban koridor	= 479 kg/m ²
Total QLL	= 479 kg/m²

Beban Ultimate rencana SNI 2847;2013 pasal 9.2.1

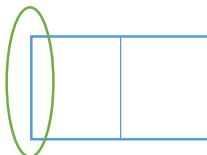
$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2(242) + 1,6(479)$$

$$Q_u = 1056,4 \text{ kg/m}^2$$

Penulangan pada pelat

Arah X Ekterior



- Menghitung statis total, M_o

$$M_o = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{1056 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 2,38\text{m} \cdot 3,7^2}{8}$$

$$M_o = 4293,603 \text{ kgm}$$

- Momen negatif interior = $0,65 \times 4293,603 \text{ kgm}$

$$M_{ni} = 2790,842 \text{ kgm}$$

- M_i pada lajur kolom = $0,75 \times M_{ni}$
 $= 0,75 \times 2790,842 \text{ kgm}$
 $= -2093,1 \text{ kgm}$

- M_i per satuan lebar = $\frac{M_i \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{-2093,1 \text{ kgm}}{0,875 + 1,5}$
 $= 881,3 \text{ kgm}$

* l_{kka} = lajur kolom kanan

* l_{kki} = lajur kolom kiri

- M_i pada lajur tengah = $0,25 \times M_{ni}$
 $= 0,25 \times 2790,842 \text{ kgm}$
 $= -697,7 \text{ kgm}$

Diambil nilai M_i pada lajur tengah = $-697,7 \text{ kgm}$

- Momen positif = $0,35 \times 4293,6 \text{ kgm}$

$$M_p = 1502,76 \text{ kgm}$$

- M^+ pada lajur kolom = $0,6 \times M_p$
 $= 0,6 \times 1502,76 \text{ kgm}$
 $= 901,7 \text{ kgm}$

- M^+ per satuan lebar = $\frac{M_p \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$

$$= \frac{901,7 \text{ kgm}}{0,875+1,5}$$

$$= 379,6 \text{ kgm}$$

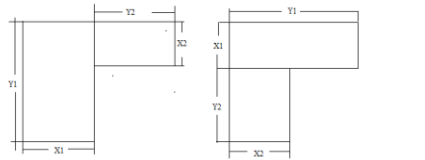
*Ikka = lajur kolom kanan

*Ikki = lajur kolom kiri

$$\begin{aligned} \blacksquare M^+ \text{ pada lajur tengah} &= 0,4 \times M_p \\ &= 0,4 \times 1502,76 \text{ kgm} \\ &= 601,1 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Diambil nilai M^+ lajur tengah = 601,1 kgm

$$\begin{aligned} - \text{ Momen negatif eksterior} &= 0,65 \times 4293,6 \text{ kgm} \\ M_{ne} &= 2790,842 \text{ kgm} \end{aligned}$$



$$C = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{300}{500} \right) \frac{300^3 500}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{80}{420} \right) \frac{80^3 420}{3} \right]$$

$$C1 = 2862078400 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{300}{420} \right) \frac{300^3 420}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{80}{720} \right) \frac{80^3 720}{3} \right]$$

$$C2 = 2193278400 \text{ mm}^4$$

Diambil nilai C yang terbesar =
2862078400 mm⁴

$$I_s = \frac{l_2 x h_{plat}^3}{12} = \frac{2380 \times 80^3}{12} = 101333333,3$$

Ecb = Ecs karena Fcb' = Fcs

$$\beta t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s} = \frac{2862078400 \text{ mm}^4}{2 \times 101333333,3} = 14,12$$

Tabel 4.41 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom

13.6.4.2 Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior:

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$(\alpha l_2/l_1) = 0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha l_2/l_1) \geq 1,0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	90	75	45

Berdasarkan interpolasi nilai – nilai pada tabel 4.40 presentase distribusi sebesar 75% , sehingga :

- M^e pada lajur kolom $= 0,75 \times M_{ne}$
 $= 0,75 \times -2790,842 \text{ kgm}$
 $= -2093,1 \text{ kgm}$
 - M^e per satuan lebar $= \frac{M_{ne} \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{-2093,1 \text{ kgm}}{0,875 + 1,5}$
 $= -2390,7 \text{ kgm}$
- * l_{kka} = lajur kolom kanan
 * l_{kki} = lajur kolom kiri
- M^e pada lajur tengah lajur kolom $= M_{ne} - M^e$
 $= -2790,84 - (-2093,1)$
 $= -697, \text{ kgm}$

Diambil nilai M^e lajur tengah = -697,7 kgm

- Tulangan Tumpuan X (Momen Negatif Interior)

$$M_u = 6977105,291 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{6977105,291 \text{ Nmm}}{0,9} = 7752339,213$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x (d x)^2} = \frac{7752339,213}{1000 x (54 \text{ mm})^2} = 2,658552542$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{19,61} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \times 19,61 \times 2,66)/500})$$

$$\rho = 0,005627593$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0028 < 0,005628 < 0,0177$$

$$\text{Maka digunakan } \rho = 0,005628$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,005628 \times 1000 \text{ mm} \times 54 \text{ mm}$$

$$= 303,89 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 \cdot (1000/150)$$

$$= 334,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As Perlu}$$

$$334,93 \text{ mm}^2 > 303,89 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 8-150$

- Tulangan Lapangan X (Momen Positif)

$$\text{Mu} = 6011044,559 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{6011044,559 \text{ Nmm}}{0,9} = 6678938,399$$

$$28,48 \text{ Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot x(dx)^2} = \frac{6678938,399}{1000 \cdot x(54 \text{ mm})^2} = 2,290445267$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot \text{Rn})/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{19,61} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 19,61 \cdot 2,29)/500})$$

$$\rho = 0,004807477$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0028 < 0,004807477 < 0,0177$$

$$\text{Maka digunakan } \rho = 0,0048$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0048 \times 1000 \text{ mm} \times 54 \text{ mm}$$

$$= 259,60 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 \cdot (1000/150)$$

$$= 334,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As Perlu}$$

$$334,93 \text{ mm}^2 > 259,6 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 8-150$

- Tulangan tumpuan X (Momen Negatif Eksterior)

$$M_u = 6977105,291 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{6977105,291 \text{ Nmm}}{0,9} = 7752339,213$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x(dx)^2} = \frac{7752339,213}{1000 \cdot (57 \text{ mm})^2} = 2,386069318$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{19,61} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2 \cdot 19,61 \cdot 2,3861)/500})$$

$$\rho = 0,00502$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0028 > 0,00502 < 0,0177$$

$$\text{Maka digunakan } \rho = 0,00502$$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00502 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 57 \text{ mm}$$

$$= 286,09 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/150)$$

$$= 334,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As Perlu}$$

$$334,93 \text{ mm}^2 > 286,09 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 8-150$

• Penulangan Pelat Lantai Wiremesh (Arah Y)

Data perencanaan :

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$L_2 = 1,0 \text{ m}$$

$$L_1 = 3,5 \text{ m}$$

$$L_n = 3,2 \text{ m}$$

$$F_y = 500 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 B1 &= 0,85 \quad (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Pasal } 10.2.7.3) \\
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 \text{tebal plat} &= 80 \text{ mm} \\
 \text{decking} &= 20 \text{ mm} \\
 \text{Tul.rencana lentur} &= M6 \\
 E_{cb} &= E_{cs} = 25742,96 \text{ MPa} \\
 I_b &= 3125000000 \text{ mm}^4 \\
 I_s &= 42666666,67 \text{ mm}^4 \\
 dx &= 80 - 20 - (1/2 \cdot 6) = 57 \text{ mm} \\
 dy &= 80 - 20 - 6 - (1/2 \cdot 6) = 51 \text{ mm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{500 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 19,61 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{500 \text{ N/mm}^2} = 0,0028 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{500} \left(\frac{600}{600 + 500} \right) = 0,0024 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0024 = 0,0018
 \end{aligned}$$

Beban Mati plat atap yang ditinjau :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat plat} &= 34,7 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi} &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Keramik} &= 15 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Mortar} &= 168 \text{ kg/m}^2 \\
 \textbf{Total QDL} &= \textbf{242 kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Hidup yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Koridor} &= 479 \text{ kg/m}^2 \\
 \textbf{Total QLL} &= \textbf{479 kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Ultimate rencana SNI 2847;2013 pasal 9.2.1

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2D + 1,6L \\
 Q_u &= 1,2(242) + 1,6(479) \\
 Q_u &= 1056,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Penulangan pada pelat Arah Y Eksterior



- Menghitung statis total, M_o

$$M_o = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{1056,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 1,0\text{m} \cdot 3,2^2}{8}$$

$$M_o = 1352,243 \text{ kgm}$$

- Momen negatif interior = $0,65 \times 1352,24 \text{ kgm}$
 $M_{ni} = 878,96 \text{ kgm}$

- Mi pada lajur kolom = $0,75 \times M_{ni}$
 $= 0,75 \times 878,96 \text{ kgm}$
 $= -659,2 \text{ kgm}$

- Mi per satuan lebar = $\frac{M_{\text{lajur kolom}}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
 $= \frac{-659,2 \text{ kgm}}{0,4375 + 0,4375}$
 $= -753,4 \text{ kgm}$

* l_{kka} = lajur kolom kanan

* l_{kki} = lajur kolom kiri

- Mi pada lajur tengah = $0,25 \times M_{ni}$
 $= 0,25 \times 878,96 \text{ kgm}$
 $= -219,7 \text{ kgm}$

Diambil nilai Mi pada lajur tengah = -219,7 kgm

- Momen positif = $0,35 \times 1352,24 \text{ kgm}$
 $M_p = 473,29 \text{ kgm}$
 - M^+ pada lajur kolom = $0,6 \times M_p$

$$= 0,6 \times 473,29 \text{ kgm}$$

$$= 284,0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad M^+ \text{ per satuan lebar} &= \frac{M_p \text{ lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}} \\ &= \frac{284,0 \text{ kgm}}{0,875} \\ &= 324,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

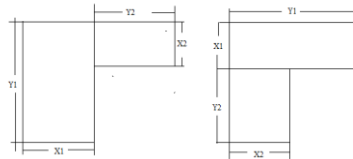
* l_{kka} = lajur kolom kanan

* l_{kki} = lajur kolom kiri

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad M^+ \text{ pada lajur tengah} &= 0,4 \times M_p \\ &= 0,4 \times 473,29 \text{ kgm} \\ &= 189,3 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Diambil nilai M^+ lajur tengah = 189,3 kgm

$$\begin{aligned} - \quad \text{Momen negatif eksterior} &= 0,65 \times 1352,24 \text{ kgm} \\ M_{ne} &= 878,96 \text{ kgm} \end{aligned}$$



$$C = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{400}{600} \right) \frac{400^3 600}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{80}{480} \right) \frac{80^3 480}{3} \right]$$

$$C1 = 2862078400 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{300}{420} \right) \frac{300^3 420}{3} \right] + \left[\left(1 - 0.63 \frac{80}{720} \right) \frac{80^3 720}{3} \right]$$

$$C2 = 5327334400 \text{ mm}^4$$

Diambil nilai C yang terbesar =
2862078400 mm⁴

$$I_s = \frac{l_2 x h_{plat}^3}{12} = \frac{1000 x 80^3}{12} = 42666666,67$$

$$E_{cb} = E_{cs} \text{ karena } F_{cb} = F_{cs}$$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C_t}{2 x E_{cs} I_s} = \frac{2862078400 \text{ mm}^4}{2 x 42666666,67} = 33,54$$

Tabel 4.42 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom

13.6.4.2 Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior:

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$(a/l_2)/l_1 = 0$	$\beta \leq 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	75	75	75
$(a/l_2)/l_1 \geq 1,0$	$\beta \leq 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	90	75	45

Berdasarkan interpolasi nilai – nilai pada tabel 4.41 presentase distribusi sebesar 75% , sehingga :

- M^{-e} pada lajur kolom = 0,75 x M^{ne}
= 0,75 x -878,96 kgm
= -659,2 kgm
- M^{-e} per satuan lebar = $\frac{\text{Mne lajur kolom}}{0,5l_{kka} + 0,5l_{kki}}$
= $\frac{-659,2 \text{ kgm}}{0,875}$
= -753,37 kgm

*l_{kka} = lajur kolom kanan

*l_{kki} = lajur kolom kiri

- M^{-e} pada lajur tengah = M^{ne} - M^{-e} lajur kolom
= -878,96 – (-659,2)
= -219,7 kgm

Diambil nilai M^{-e} lajur tengah = -219,7 kgm

- Tulangan Tumpuan Y (Momen Negatif Interior)

$$M_u = 3845441,6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{3845441,6 \text{ Nmm}}{0,9} = 4272712,889$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x (d x)^2} = \frac{4272712,889}{1000 x (51 \text{ mm})^2} = 1,465$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{19,61} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \times 19,61 \times 1,465)/500})$$

$$\rho = 0,00302$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Maka : $0,0028 < 0,00302 < 0,0177$

Maka digunakan $\rho = 0,00302$

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0,00302 \times 1000 \text{ mm} \times 51 \text{ mm}$$

$$= 163,08 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $S_{\max} < 2h = 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$

As pakai = $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 \cdot (1000/150)$$

$$= 334,93 \text{ mm}^2$$

As pakai > As Perlu

$334,93 \text{ mm}^2 > 163,08 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 8-150$

- Tulangan Lapangan Y (Momen Positif)

$M_u = 3312995,84 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{3312995,84 \text{ Nmm}}{0,9} = 3681106,489$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x (d x)^2} = \frac{3681106,489}{1000 x (51 \text{ mm})^2} = 1,262$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{19,61} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \times 19,61 \times 1,262)/500})$$

$$\rho = 0,002591$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Maka : $0,0028 > 0,002591 < 0,0177$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

Sehingga : $0,0028 < 0,003368 < 0,0177$

Maka digunakan $\rho = 0,003368$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,003368 \times 1000 \text{ mm} \times 51 \text{ mm} \\ &= 181,86 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s) \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 \cdot (1000/150) \\ &= 334,93 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{As pakai} > \text{As Perlu}$$

$$334,93 \text{ mm}^2 > 181,86 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan ϕ 8-150

- Tulangan tumpuan Y (Momen Negatif Eksterior)

$$M_u = 3845441,6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{3845441,6 \text{ Nmm}}{0,9} = 4272712,889$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4272712,889}{1000 \cdot (51 \text{ mm})^2} = 1,315085531$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n) / f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{19,61} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2 \cdot 19,61 \cdot 1,315) / 500})$$

$$\rho = 0,002701733$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0028 > 0,002701733 < 0,0177$$

Karena lebih kecil dari ρ_{\min} , maka ρ dinaikkan 30%

$$\text{Sehingga : } 0,0028 < 0,003512 < 0,0177$$

Karena masih lebih kecil dari ρ_{\min} , maka digunakan $\rho = 0,003512$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,003512 \times 1000 \text{ mm} \times 51 \text{ mm} \\ &= 159,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s) \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 \cdot (1000/150) \\ &= 334,93 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

As pakai > As Perlu
 $334,93 \text{ mm}^2 > 159,6 \text{ mm}^2$ (OK)
 Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 8-150$

4.3.1.1.4 Pelat Lantai Tangga

Data Perencanaan :

Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
 Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
 \varnothing tulangan rencana : 10
 Tebal Selimut : 20 mm
 b : 1000 mm
 β_1 : 0,85 (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)
 Faktor reduksi : 0,9 (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))
 Tebal plat tangga : 150 mm
 $d_x = 150 - 20 - (2 \times 10) = 125 \text{ mm}$
 $d_y = 150 - 20 - 10 - (2 \times 10) = 115 \text{ mm}$
 Momen pada pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

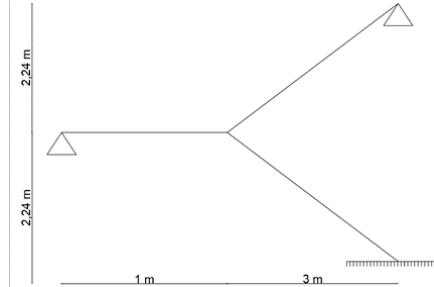
$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0325125$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0325125 = 0,02438$$

Untuk menghitung momen, didapatkan dari perhitungan menggunakan mekanika teknik sebagai berikut,

Data tangga



Gambar 4.14 sketsa tangga

Panjang bordes : 1 m

Panjang datar tangga : 3 m

Tinggi tangga : 2,65 m

Panjang miring tangga : $\sqrt{(3\text{ cm})^2 + (2,65\text{ cm})^2}$
: 4,002 m

$\cos \alpha$: 0,75

$\sin \alpha$: 0,66

Pembebanan pada tangga

Beban bordes

Spesi : 12 kg/m²

Keramik : 15 kg/m²

Pelat : 360 kg/m²

B hidup : 479 kg/m²

Total Dead Load : 866 kg/m²

Total Live Load : 479 kg/m²

$Q_u = 1,2D + 1,6L$

$Q_u = 1,2 (866\text{ kg/m}^2) + 1,6 (479\text{ kg/m}^2)$

$Q_u = 1230,8\text{ kg/m}^2$

Beban merata

$$q = Q_u \times L \text{ bordes}$$

$$q = 1230,8 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$q = 1230,8 \text{ kg/m}^2$$

Beban tangga

Spesi	:	12	kg/m ²
keramik	:	15	kg/m ²
Railing	:	4,28	kg/m ²
Plat	:	552	kg/m ²
Dinding Merata:		1,78	kg/m ²
B hidup	:	479	kg/m ²
Total Dead Load	:	1064,6	kg/m ²
Total Live Load	:	479	kg/m ²

$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2 (1064,6 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (479 \text{ kg/m}^2)$$

$$Q_u = 1468,47 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata

$$q = Q_u \times L \text{ tangga}$$

$$q = 1468,47 \text{ kg/m}^2 \times 1,75 \text{ m}$$

$$q = 2569,826 \text{ kg/m}$$

Beban datar

$$q \text{ merata} = q / \cos \alpha$$

$$q \text{ merata} = 2569,826 / 0,75$$

$$q \text{ merata} = 3428,843032 \text{ kg}$$

Penyelesaian Cross

l _{ba}	:	l _{bc}	:	l _{bd}
$\frac{3}{1}$:	$\frac{4}{3}$:	$\frac{4}{3}$
3EI	:	1,33EI	:	1,33EI
$l_{ba} = \frac{3EI}{(3+1,33+1,33)EI}$				0,53
$l_{bc} = \frac{1,33EI}{(3+1,33+1,33)EI}$				0,24

$$\begin{aligned} \text{лbd} &= \frac{1,33 EI}{(3+1,33+1,33)EI} : 0,24 \\ \text{Total} &: 0,53 + 0,24 + 0,24 = 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Momen Primair

$$\begin{aligned} \text{лba} &= -\frac{1}{8} x q x l^2 \\ &= -\frac{1}{8} x 1230,8 x 1^2 \\ &= -153,85 \\ \text{лbc} &= \frac{1}{8} x q x l^2 \\ &= \frac{1}{8} x 7837,355502 x 3^2 \\ &= 8817,02494 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{лbd} &= \frac{1}{12} x q x l^2 \\ &= \frac{1}{12} x 7837,355502 x 3^2 \\ &= 5878,016627 \\ \text{лbd} &= -5878,016627 \end{aligned}$$

Tabel 4.43 cross

TITIK	B			D
BATANG	BA	BC	BD	DB
FD	-0,53	-0,24	-0,24	-
MF	-153,85	3857,45	2571,632	- 2571,63
MD	- 3322,18	- 1476,52	-1476,52	0
MI	0	0	0	- 738,262
MAKHIR	- 3476,03	2380,92	1095,11	- 3309,89



BATANG BA

$\sum M_A = 0$ DIANGGAP VB KE ATAS

$$-VB + \frac{1}{2}x q x l^2 + M_{BA} = 0$$

$$-VB + \frac{1}{2}x 1230,8 x 1^2 + -3476,030951 = 0$$

$$-VB = -(\frac{1}{2}x 1230,8 x 1^2 + -3476,030951)$$

$$VB = 4091,430951 \text{ ke atas}$$

$$V_A = Q - VB$$

$$V_A = 1230,8 \text{ kg} - 4091,430951$$

$$V_A = -2860,630951 \text{ ke bawah}$$

BATANG BC

$\sum M_C = 0$ DIANGGAP VB KE ATAS

$$VB x L + -\frac{1}{2}x q x l^2 - M_{BC} = 0$$

$$VB x 3 + -\frac{1}{2}x 3428,843032 x 3^2 - 2380,92 = 0$$

$$VB x 3 = 17810,71719$$

$$VB = 5936,90573 \text{ Ke Atas}$$

$$V_C = Q - VB$$

$$V_C = 3428,843032 - 5936,90573$$

$$V_C = -2507,250127 \text{ Ke bawah}$$

BATANG BD

$\sum M_D = 0$ DIANGGAP VB KE ATAS

$$VB x L + \frac{1}{2}x q x l^2 - M_{BD} + M_{DB} = 0$$

$$VB x 3 + \frac{1}{2}x 3428,843032 x 3^2 - 1095,11 + -3309,89 = 0$$

$$VB x 3 = \frac{1}{2}x 3428,843032 x 3^2 + 1095,11 + -3309,89$$

$$VB x 3 = 13215,00634$$

$$VB = 4405,002115 \text{ Ke atas}$$

$$V_D = Q - VB$$

$$V_D = 3428,843032 - 4405,002115$$

VD = -976,1590825 Ke bawah

MENCARI M MAX

Batang BC Dilihat dari titik B

D = 0

0 = +VC + qmerata BC . X
= 2507,25 + 3429,66 X

-2507,25 = 3429,66 X

0,73 = X DARI TITIK B

Momen maksimal yang terjadi

Mmax = VC.X + qmerata.X.1/2.X

Mmax = 1832,93 + 916,25

Mmax = 2749,171111 Kgm

Batang BD Dilihat dari titik B

D = 0

0 = VD + Qmerata BD . X
= 976,16 + 3428,84 X

976,16 = 3428,84 X

0,28 = X DARI TITIK B

Momen maksimal yang terjadi

Mmax = VD.X + qmerata.X.1/2.X + MDB

Mmax = 277,90 + 138,9516151 + 3309,89

Mmax = 3726,75 Kgm

Jadi didapatkan perhitungan sebagai berikut,

MOMEN BORDES = 3476,030951

MOMEN TANGGA TUMPUAN= 3309,89

MOMEN TANGGA LAPANGAN= 3726,75

Momen tersebut akan digunakan untuk menentukan tulangan tangga dan bordes.

• Penulangan Pelat Lantai Tangga (Arah Y)

Mu = 37267495,53 Nmm

Mn = $\frac{37267495,53 \text{ Nmm}}{0.9} = 41408328,37$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x \cdot (d \cdot x)^2} = \frac{41408328,37}{1000 \cdot x \cdot (115 \text{ mm})^2} = 3,131064527$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 15,69 \cdot 3,131)/400})$$

$$\rho = 0,008139427$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Maka : $0,0035 < 0,008139427 < 0,024384375$

Maka digunakan $\rho = 0,008139427$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,008139427 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm}$$

$$= 936,0341426 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak $S_{\max} < 2h = 2 \cdot 150 = 300 \text{ mm}$

As pakai = $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/100)$$

$$= 1130,4 \text{ mm}^2$$

As pakai > As Perlu

$1130,4 \text{ mm}^2 > 936,0341426 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi tulangan yang digunakan $\varnothing 12-100$

- **Penulangan susut :**

Didapatkan $\rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$ (SNI 2847 pasal 7.12.2.1)

$$A_{S_{\text{susut perlu}}} = 0,0018 \cdot b \cdot h$$

$$= 0,0018 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\varnothing 10$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{A_{S_{\text{susut perlu}}}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2}$$

$$= 290,74 \text{ mm}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 5 \cdot h$$

$$\leq 5 \cdot 150 \text{ mm}$$

$$\leq 750 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

$$S < S_{\max}$$

$$290,74 \text{ mm} < 750 \text{ mm (OK)}$$

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 392,857 > 270 \text{ mm}^2 &\text{ (OK)} \end{aligned}$$

4.3.1.1.5 Pelat Lantai Bordes

Data Perencanaan :

Mutu Beton (f_c') : 30 MPa

Mutu Baja (f_y) : 400 MPa

Ø tulangan rencana : 10

Tebal Selimut : 20 mm

b : 1000 mm

β_1 : 0,85 (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

Faktor reduksi : 0,9 (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))

Tebal plat bordes : 150 mm

$$dx = 150 - 20 - (2 \times 10) = 125 \text{ mm}$$

$$dy = 150 - 20 - 10 - (2 \times 10) = 115 \text{ mm}$$

Momen pada pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2} = 15,67$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,003423$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0325125$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0325125 = 0,02438$$

Hasil perhitungan momen bordes didapatkan menggunakan perhitungan mekanika teknik. Dari perhitungan momen didapatkan hasil momen sebagai berikut,

$$\text{MOMEN BORDES} = 3476,030951$$

• **Penulangan Pelat Lantai Bordes (Arah Y)**

$$M_u = 34760309,51 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{34760309,51 \text{ Nmm}}{0,9} = 38622566,12$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x \cdot (d \cdot x)^2} = \frac{38622566,12}{1000 \cdot x \cdot (115 \text{ mm})^2} = 2,920420879$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n) / f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 19,61 \cdot 2,92) / 400})$$

$$\rho = 0,007775199$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\text{Maka : } 0,0028 < 0,007775199 < 0,02438$$

$$\text{Maka digunakan } \rho = 0,007775199$$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,007775199 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm}$$

$$= 894,1478872 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \cdot 150 = 300 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 \cdot (b/s)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot (1000/100)$$

$$= 1130,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As Perlu}$$

$$1130,4 \text{ mm}^2 > 894,1478872 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi tulangan yang digunakan $\approx 12-100$

• **Penulangan susut :**

$$\begin{aligned}\text{Didapatkan } \rho_{\text{susut pakai}} &= 0,0018 \\ A_{S_{\text{susut perlu}}} &= 0,0018 \cdot b \cdot h \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} \\ &= 270 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_{S_{\text{susut perlu}}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2} \\ &= 291.005 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}S_{\text{max}} &\leq 5 \cdot h \\ &\leq 5 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 750 \text{ mm}\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

$$\begin{aligned}S &< S_{\text{max}} \\ 291.005 \text{ mm} &< 750 \text{ mm} \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Dengan pembulatan kebawah, maka $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200 mm

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 392.857 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{pakai}}} &> A_{S_{\text{perlu}}} \\ 392.857 \text{ mm}^2 &> 270 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Tabel 4.44 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Tipe kolom	Penulangan
Pelat Atap	∅12-200

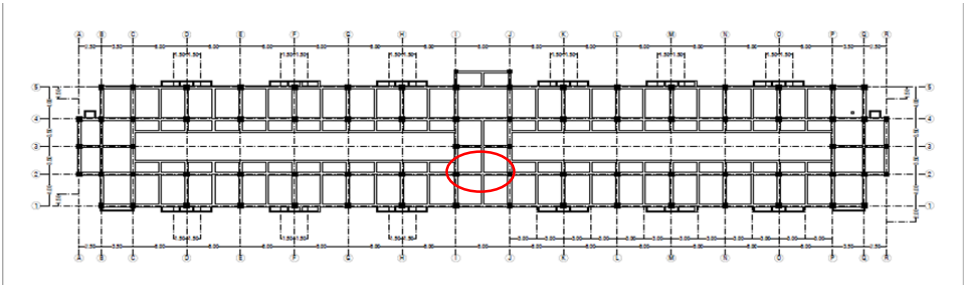
Pelat Wiremesh	ϕ8-150
Pelat Lantai	ϕ12-150
Pelat Tangga	ϕ12-100
Pelat Bordes	ϕ12-100

4.3.2 Perhitungan Struktur Primer

4.3.2.1 Perhitungan Balok

a. Balok Induk

Perhitungan tulangan balok B1 (40×60) cm dengan data perencanaan berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 sebagai berikut,



Gambar 4.15 Denah balok yang ditinjau pada lantai 1, tipe balok B1

Data Perencanaan Balok :

- Tipe balok : B1
- AS balok yang di tinjau : Frame 222
- Tinggi Balok (h balok) : 600 mm
- Lebar Balok (b balok) : 400 mm
- Panjang Balok (L balok) : 6000 mm
- Kuat Tekan Beton (fc') : 30 N/mm²

Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 N/mm^2
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 240 N/mm^2
Diameter Tulangan Lentur	: D 19
Diameter Tulangan Geser	: $\phi 8$
Diameter Tulangan Puntir	: $\phi 13$
Jarak Spasi Tul. Sejajar	: 40 mm

(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)

Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
---------------------------------	---------

(SNI 2847:2013, Pasal 7.7.1 (c))

Faktor β_1	: 0,85
------------------	--------

(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,8
---	-------

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75
--	--------

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)	: 0,75
---	--------

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} -$$

$$\frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}}$$

$$= 600\text{mm} - 40\text{mm} - 8\text{mm} - \frac{1}{2} 19\text{mm}$$

$$= 542,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 600 \text{ mm} - 542,5 \text{ mm} = 57,5 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan

Dalam perhitungan balok menggunakan kombinasi 1,2D+1E+1L dari hasil program SAP 2000. Berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi

Kombinasi	1,2D+1E+1L
Momen Puntir	: 7,3914 KN-m

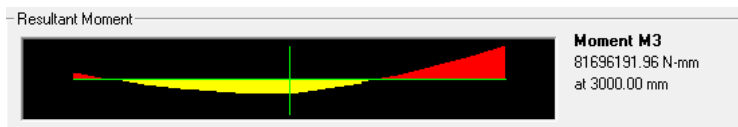


Gambar 4.16 Hasil output SAP 2000 gaya torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

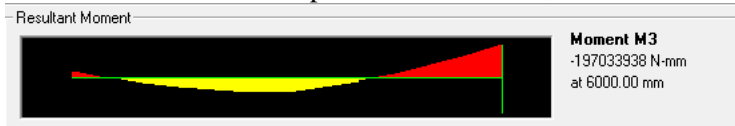
Momen lapangan : 81,6962 KN-m



Gambar 4.17 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

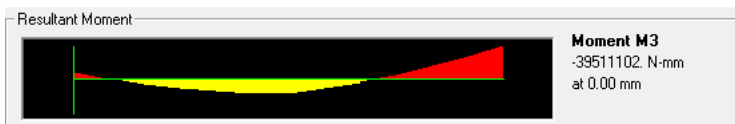
Momen Tumpuan kanan : 197,0339 KN-m



Gambar 4.18 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

Momen Tumpuan kiri : 50,5248 KN-m

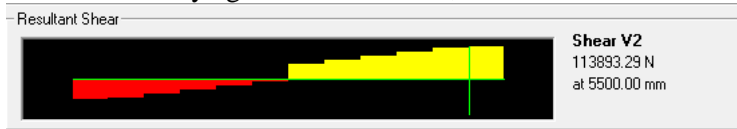


Gambar 4.19 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2D+1E+1L

Kombinasi : 1,2D+1E+1L
 Gaya geser Vu : 113,893 KN-m



Gambar 4.20 Hasil output SAP 2000 momen geser balok

❖ Cek syarat aksial pada balok

$$\mu_u < 0,1 \cdot A_g \cdot F_c'$$

$$P_u \cdot 1000 < 0,1 \cdot 400 \cdot 250 \cdot 100 \cdot 30$$

$$22181 < 72000000 \text{ (OK)}$$

❖ Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir. Ukuran balok yang dipakai 40cm x 60 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 400mm \times 600mm = 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 \times (400mm + 600mm) = 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &\quad \times (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &= (400mm - 2 \times 40mm - 2 \times 8mm) \\ &\quad \times (600mm - 2 \times 40mm - 2 \times 19mm) \\ &= 153216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &\quad + (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - \phi_{geser})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times [(400 - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 8\text{mm}) \\
 &\quad + (600\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} \\
 &\quad - 2 \times 19\text{mm})] \\
 &= 1616 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Puntir

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi: 1,2D + 1E + 1L

$$T_u = 7391436,62 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5})$$

$$T_n = \frac{7391436,62 \text{ Nmm}}{0,75} = 9855248,827 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi: 1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1Ey

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi yakni:

$$\begin{aligned}
 T_{u_{min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a)})
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{min}} &= 0,75 \times 0,083 \\
 &\quad \times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(240000 \text{ mm}^2)^2}{2000 \text{ mm}} \right) \\
 &= 9819570,011 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar

$$\begin{aligned}
 T_{u_{max}} &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a)})
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= 0,75 \times 0,33 \\
 &\quad \times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(240000 \text{ mm}^2)^2}{2000 \text{ mm}} \right) \\
 &= 39041663,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{\min}}$ maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u_{\min}}$ maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi

$$\begin{aligned}
 T_u &= 7391436,62 \text{ Nmm} < T_{u_{\min}} \\
 &= 9819570,011 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(Tidak memerlukan tulangan puntir)

Perhitungan Tulangan Lentur

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 &= \frac{600}{600 + 400} \times 542,5 \text{ mm} = 325,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\
 &= 0,75 \times 325,5 \text{ mm} \\
 &= 244,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= d' \\
 &= 57,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 400 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm} \\
 &= 1224000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 Asc &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 350mm \times 0,85 \times 150mm}{400 \frac{N}{mm^2}} \\
 &= 3060 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 Mnc &= Asc \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 3060mm^2 \times 400 \frac{N}{mm^2} \\
 &\quad \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150mm}{2} \right) \\
 &= 590580000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

(1,2D+1E+1L)

$$M_u \text{ tumpuan} = 197033938 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_u = 197033938 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{197033938 \text{ Nmm}}{0.8}
 \end{aligned}$$

$$M_n = 246292422,5 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 246292422,5 \text{ Nmm} -$$

$$590580000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -344287578 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{246292422,5 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (542,5 \text{ mm})^2} = 2,092144004 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2})$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$(\text{SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3})$$

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 15,69$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,0921}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right) \\ &= 0,0054646\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \\ 0,0035 < 0,0054646 < 0,024 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\ &= 0,0054646 \times 400 \text{ mm} \times 542,5 \text{ mm} \\ &= 1185,811227 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tarik

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= A_s \\ &= 1185,81 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\ &= \frac{1185,81 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 4,18 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\ &= 6 \times 283,385 \text{ mm}^2 \\ &= 1700,31 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &= 1700,31 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = \\ &1185,81 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$A_s' = 0,3 \times A_s$$

$$A_s' = 0,3 \times 1185,81 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 355,7433682 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s'}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\ &= \frac{355,7433682 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 1,26 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\ &= 4 \times 283,385 \text{ mm}^2 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\ &355,7433682 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 8 \text{ mm}) - (6 \times 19 \text{ mm})}{6 - 1} \\ &= 38 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 38 \text{ mm} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (4 \times 19 \text{ mm})}{4 - 1} \\
 &= 76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 76 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (40/60) sebagai berikut,

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 6D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned}
 A_{spasang} &= 6D19 \\
 &= 6 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\
 &= 1700,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 4D19$$

$$= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2$$

$$= 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1700,31 \text{ mm}^2$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq 566,77 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 6D19

Tulangan tekan : 4D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tarik 6D19} = 1700,31 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1700,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 4000 \text{ mm}}$$

$$= 66,68 \text{ mm}$$

$$C c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 400 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 66,68 \text{ mm}$$

$$= 680124 \text{ N}$$

$$C s' = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$= 1205,76 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 680124 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C s' \times (d - d'))$$

$$= \left(680124 \text{ N} \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{66,68 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$+ (680124 \text{ N} \times (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm}))$$

$$= 676152475,9 \text{ Nmm}$$

Maka,

Mn pasang \geq Mu perlu

$$0,9 \times 676152475,9 \text{ Nmm}$$

$$> 246292422,5 \text{ Nmm}$$

$$608537228,3 \text{ Nmm} > 246292422,5 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tekan } 4D19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 44,453 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 44,453 \text{ mm}$$

$$= 453416 \text{ N}$$

$$C_s' = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 453416 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d'))$$

$$= \left(453416 \text{ N} \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{44,453 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$+ (453416 \text{ N}$$

$$\times (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm}))$$

$$= 455807191,5 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$\theta M_{n_{pasang}} > Mu$$

$$0,9 \times 455807191,5 \text{ Nmm} > 246292422,5 \text{ Nmm}$$

$$410226472,4 \text{ Nmm} > 246292422,5 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:
 $(1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1Ey)$

$$M_u \text{ tumpuan} = 50524761 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 50524761 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{50524761 \text{ Nmm}}{0.8}$$

$$M_n = 63155951,25 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 63155951,25 \text{ Nmm}$$

$$590580000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -527424049 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{63155951,25 \text{ Nmm}}{400\text{mm} \times (542,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,5365/\text{mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30N}{mm^2}}{400 \frac{N}{mm^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{N}{mm^2}} \right) \\
&= 0,0325 \\
\rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
&\quad (SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3) \\
&= 0,75 \times 0,0325 \\
&= 0,0244 \\
\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{N}{mm^2}} \\
&= 0,0035 \\
m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \\
&= \frac{400 \frac{N}{mm^2}}{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2}} \\
&= 15,69 \\
\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,5365}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right) \\
&= 0,0013556 \\
\rho_{min} &< \rho < \rho_{max} \\
0,0035 &< 0,0013556 < 0,024 \quad (\text{tidak memenuhi}) \text{ sehingga digunakan } \rho_{min} \\
A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\
&= 0,0035 \times 400mm \times 542,5mm \\
&= 759,5 \text{ mm}^2 \\
\text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,89 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tarik

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s \\
 &= 759,5 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{759,5 \text{ mm}^2}{283,89 \text{ mm}^2} \\
 &= 2,68 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 6 \times 283,89 \text{ mm}^2 \\
 &= 1700,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= 1700,31 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = \\
 &759,5 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,3 \times A_{s \text{ perlu}} \\
 A_s' &= 0,3 \times 759,5 \text{ mm}^2 \\
 A_s' &= 510,093 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s'}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{510,093 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,8 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 1133,54 \text{ mm}^2$$

Kontrol

As pasang = $1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 510,093 \text{ mm}^2$ (memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 8 \text{ mm}) - (6 \times 19 \text{ mm})}{6 - 1} \\ &= 38 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$S_{maks} = 38 \text{ mm} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 8 \text{ mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\ &= 76 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$S_{maks} = 76 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (40/60) sebagai berikut,

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 6D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= 6D19 \\ &= 6 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1700,031 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= 4D19 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1700,031 \text{ mm}^2$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq 566,77 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 6D19

Tulangan tekan : 4D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pakai} tulangan tarik 6D19 =

$$1700,031 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1700,031 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 66,68 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 66,68 \text{ mm}$$

$$= 680124 \text{ N}$$

$$Cs' = As_{pakai} \times f_y$$

$$= 1700,031 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 680124 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left(Cs' \times (d - d') \right)$$

$$= \left(680124 \text{ N} \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{66,68 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$+ \left(680124 \text{ N} \times (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm}) \right)$$

$$= 676152475,9 \text{ Nmm}$$

Maka,

$Mn \text{ pasang} \geq Mu \text{ perlu}$

$$0,9 \times 676152475,9 \text{ Nmm}$$

$$> 63155951,25 \text{ Nmm}$$

$$608537228,3 \text{ Nmm} > 63155951,25 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

As_{pakai} tulangan tekan 4D19 = 1133,54 mm²

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 44,453 \text{ mm} \\
 Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
 &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \times 44,453 \text{ mm} \\
 &= 453416 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{s_{\text{pakai}}} \times fy \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 453416 \text{ N} \\
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(453416 \text{ N} \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{44,453 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (453416 \text{ N} \\
 &\quad \times (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm})) \\
 &= 455807191,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\phi Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$\begin{aligned}
 0,9 \times 455807191,5 \text{ Nmm} &> 63155951,25 \text{ Nmm} \\
 410226472,4 \text{ Nmm} &> 63155951,25 \text{ Nmm} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Daerah Lapangan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$(1,2 D + 1L + 0,3 Ex + 1Ey)$$

$$M_{u \text{ lapangan}} = 81696191,96 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu = 81696191,96 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{81696191,96 \text{ Nmm}}{0.8}$$

$$M_n = 102120240 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 102120240 \text{ Nmm} - 590580000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -488459760 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{102120240 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (542,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,867465777 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \frac{N}{mm^2}}{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2}} \\
 &= 15,69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,867465777}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right) \\
 &= 0,0022
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,0022 < 0,024 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

sehingga menggunakan ρ_{min}

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 400\text{mm} \times 542,5\text{mm} \\
 &= 759,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (19\text{mm})^2 \\
 &= 283,89 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s \\
 &= 759,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan tulangan lentur}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{759,5 \text{ mm}^2}{283,89 \text{ mm}^2} \\
 &= 2,68 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 6 \times 283,89 \text{ mm}^2 \\
 &= 1700,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 1700,31 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &759,5 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tarik

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka As' adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{As}' &= 0,3 \times \text{As perlu} \\
 \text{As}' &= 0,3 \times 759,5 \text{ mm}^2 \\
 \text{As}' &= 510,093 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As}'}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{510,093 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,8 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283,385 \text{ mm}^2 \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &510,093 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &\geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\
 S_{maks} &\leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun lebih} \\
 &&& \text{dari 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (6 \times 19\text{mm})}{6 - 1} \\
 &= 38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 38 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (4 \times 19 \text{ mm})}{4 - 1} \\
 &= 76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 72 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (40/60) sebagai berikut

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 6D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen

maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{s\ pasang} &= 6D19 \\ &= 6 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1700,31\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'\ pasang} &= 4D19 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1133,54\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$1133,54\text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1700,31\text{ mm}^2$$

$$803,84\text{ mm}^2 \geq 267,9\text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 6D19

Tulangan tekan : 4D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s\ pakai\ tulangan\ tarik\ 6D19} = 1700,31\text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1700,31\text{ mm}^2 \times 400\text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30\text{ N/mm}^2 \times 400\text{ mm}} \\ &= 66,68\text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 350\text{ mm} \times 30\text{ N/mm}^2 \times 66,68\text{ mm} \\ &= 680124\text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s\ pakai} \times f_y \\ &= 1700,31\text{ mm}^2 \times 400\text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 680124 \text{ N} \\
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(680124 \text{ N} \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{66,68 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (680124 \text{ N} \\
 &\quad \times (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm})) \\
 &= 676152475,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

Mn pasang \geq Mu perlu

$$0,9 \times 676152475,9 \text{ Nmm} > 102120240 \text{ Nmm}$$

$$608537228,3 \text{ Nmm} > 102120240 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$$As_{pakai} \text{ tulangan tekan } 4D19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 44,45254902 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
 &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 44,45 \text{ mm} \\
 &= 453416 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As_{pakai} \times fy \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 453416 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(453416 \text{ N} \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{44,45 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (453416 \text{ N} \\
 &\quad \times (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm}))
 \end{aligned}$$

$$= 455807191,5 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$\phi M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,9 \times 455807191,5 \text{ Nmm} > 102120240 \text{ Nmm}$$

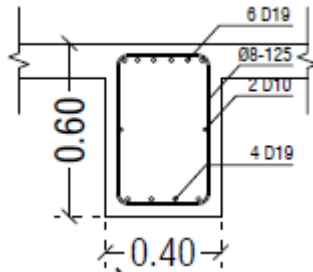
$$410226472,4 \text{ Nmm} > 102120240 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

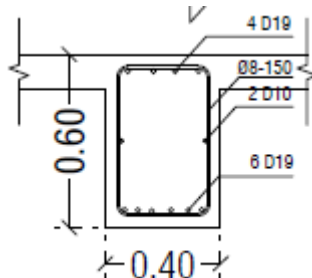
Jadi, penulangan lentur untuk balok B1 (40/60) adalah sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 6D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19



Gambar 4.21 Kebutuhan tulangan tumpuan balok induk



Gambar 4.22. Kebutuhan tulangan lapangan balok induk

Perhitungan Tulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

f_c'	= 30 N/mm ²
f_y	= 240 N/mm ²
β_1	= 0,85
ϕ_{reduksi}	= 0,75
Lebar	= 400 mm
Tinggi	= 600 mm
ϕ_{sengkang}	= 8 mm

- ❖ Dalam analisa perhitungan tulangan lentur didapatkan tulangan lentur tumpuan kanan dan kiri dengan luasan tulangan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan sebagai berikut :

➤ Tumpuan kiri

- As pakai tulangan tarik 6D19=1700,31mm²
- As pakai tulangan tekan 4D19=1133,54mm²

$$a = \frac{As_{\text{tul tarik}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1700,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 66,68 \text{ mm}$$

$$M_{nL} = As_{\text{tul lentur}} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 1700,31 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{66,68 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 346292335,9 \text{ Nmm}$$

➤ Tumpuan kanan

- As pakai tulangan tarik 6D19= 1700,31 mm²

▪ As pakai tulangan tekan 4D19= 1133,54 mm²

$$a = \frac{As \text{ tul tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

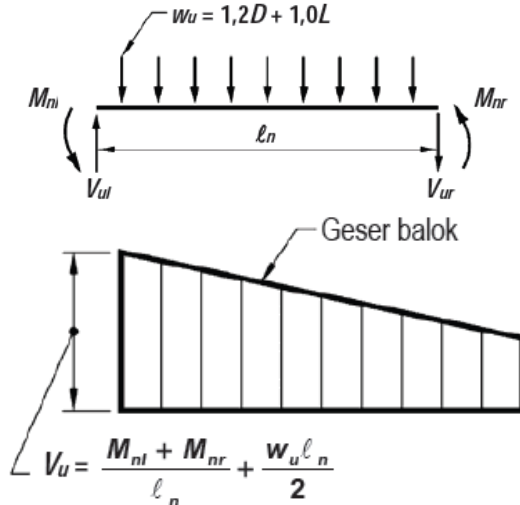
$$a = \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 44,45 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \text{ tul tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{44,45 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_R = 230861557,3 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.23 Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey dari

analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar $V_u = 113893,29\text{N}$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Dimana:

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$= \frac{346292335,9 \text{ Nmm} + 230861557,3 \text{ Nmm}}{6000 \text{ mm}} +$$

$$113893,29\text{N}$$

$$= 210085,6055 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3

Mpa (SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,477 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi syarat SNI)}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 350\text{mm} \times 447\text{mm}$$

$$= 145675,03 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400\text{mm} \times 542,5\text{mm}$$

$$= 72333,33333 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30\text{N/mm}^2} \times 400\text{mm}$$

$$\times 542,5 \text{ mm}$$

$$= 396185,9833 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{30\text{N/mm}^2} \times 400\text{mm}$$

$$\times 542,5\text{mm}$$

$$= 792371,9665 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

a.) Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 210085,6055 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow$ Tidak perlu tulangan geser

$210085,6055 N \geq 75770,5693 N$ (Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$0,5 \times \phi \times V_{cu} \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$75770,5693 N \leq 210085,6055 \geq$

$151541,1386 N$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$

Tulangan geser minimum

$151541,1386 N \leq 210085,6055 N \geq$

$205791,1386 N$ (Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$\phi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{max}})$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$205791,1386 N \leq 210085,6055 N \leq$

$448680,626 N$ (memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\phi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{max}})$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$448680,626 N \geq 210085,6055 N \leq$

$745820,1135 N$ (Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$\begin{aligned} V_{s_{perlu}} &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\ &= \frac{210085,6055 - 0,75 \times 202054,8515}{0,75} \\ &= 78059,28924 N \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø 8mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

Direncanakan $S_{perlu} = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \pi d^2 n_{kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 8^2 \times 2 \\ &= 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{A_v f_y d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{100,48 \times 240 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 542,5}{78059,28924} \\ &= 168 \text{ mm}^2 \\ &= \text{Digunakan jarak } 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$125 \text{ mm} \leq \frac{542,5 \text{ mm}}{2}$$

$$125 \text{ mm} \leq 271,25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq 600$$

$$125 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø8 – 200 mm.

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah

bentang. Senggang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum senggang tidak boleh melebihi

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter senggang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan

- $S_{pakai} < d/4$
125 mm < 135,63 mm (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 8 \times D \text{ lentur}$
125 mm < 152 mm (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 24 \times D \text{ senggang}$
125 mm < 192 mm (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
125 mm < 300 mm (memenuhi persyaratan)

b.) Wilayah 2 Daerah (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{0,5L_n} \\ V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n} \\ &= \frac{210085,6055 \text{ N} \times (0,5 \times 6000 \text{ mm} - (2 \times 600 \text{ mm}))}{0,5 \times 6000 \text{ mm}} \\ &= 126051,3633 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow$ Tidak perlu tulangan geser

$126051,3633 N \geq 75770,5693 N$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$75770,5693 N \leq 126051,3633 N \leq$

$151541,1386 N$ (memenuhi)

Kondisi Geser 3

$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$

Tulangan geser minimum

$151541,1386 N \geq 126051,3633 N \leq$

$205791,1386 N$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$\phi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{max}})$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$205791,1386 N \geq 126051,3633 N \leq$

$448680,626 N$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\phi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{max}})$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$448680,626 N \geq 126051,3633 N \leq$

$745820,1135 N$ (Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

$$\begin{aligned} V_{s_{min}} &= \frac{bw \times d}{3} \\ &= \frac{400 \times 542,5}{3} \\ &= 72333,33 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø8mm dengan jumlah kaki $n= 2$, maka luasan tulangan geser:

Direncanakan $S_{pakai} = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{b w \times s}{3 f_y} \\ &= \frac{400 \times 150}{3 \times 240} \\ &= 833,3333333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- a. Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok (lapangan)

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(3))

Cek persyaratan

- a. $S_{pakai} < d/2$
 $150 \text{ mm} < 271,25 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)

Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan yang disebut sebagai panjang penyaluran tulangan.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30'}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 660,7446725 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d$$

$$= \frac{759,5 \text{ mm}^2}{1700,31 \text{ mm}^2} \times 700 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 312,6782763 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 350 mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 333,015315 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_d = 0,034 \times f_y \times d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 258,4 \quad \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 333,0153 mm

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{510,093 \text{ mm}^2}{1133,54 \text{ mm}^2} \times 333,015 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 149,8568917 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 200 mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 333,015315 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}} \times l_d$$

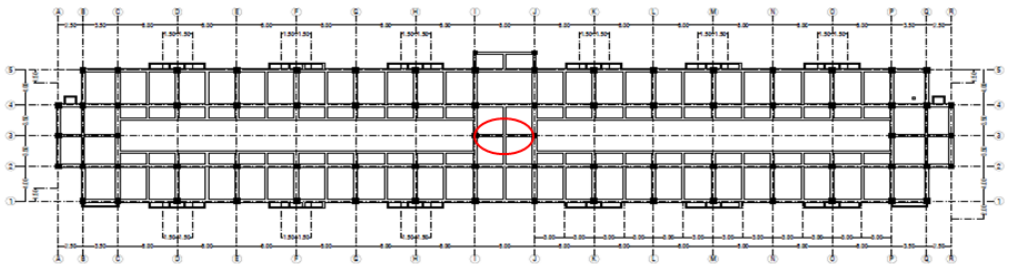
$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{759,5 \text{ mm}^2}{1700,31 \text{ mm}^2} \times 333,015315 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 148,7523638 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah $200 \text{ mm} = 200 \text{ m} \geq 150 \text{ mm}$ dan $\geq 8d_b$ (152 mm).

b. Balok Anak

Perhitungan tulangan balok B2 (25×40) cm dengan data perencanaan berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 sebagai berikut,



Gambar 4.24 Denah balok anak yang ditinjau

Data Perencanaan Balok :

Tipe balok

: B2

AS balok yang di tinjau	: Frame 277
Tinggi Balok (h balok)	: 400 mm
Lebar balok (b balok)	: 250 mm
Panjang Balok (L balok)	: 6000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 30 N/mm^2
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 N/mm^2
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 240 N/mm^2
Diameter Tulangan Lentur	: D 16
Diameter Tulangan Geser	: $\phi 8$
Diameter Tulangan Puntir	: $\phi 12$
Jarak Spasi Tul. Sejajar	: 40 mm

(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.3)

Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
---------------------------------	---------

(SNI 2847:2013, Pasal 7.7.1 (c))

Faktor β_1	: 0,85
------------------	--------

(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,8
---	-------

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75
--	--------

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)	: 0,75
---	--------

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}} \\
 &= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\
 &= 344 \text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 400 \text{ mm} - 344 \text{ mm} = 56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

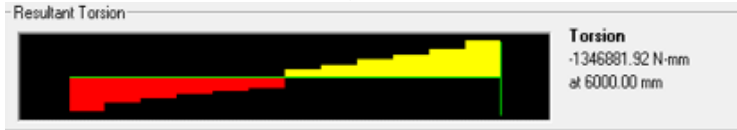
Perhitungan Tulangan

Dalam perhitungan balok menggunakan kombinasi 1,2D+1E+1L dari hasil program SAP 2000. Berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi (Tu)

Kombinasi : 1,2D+1L+1Ex+0,3Ey

Momen Puntir : 1,3469 KN-m

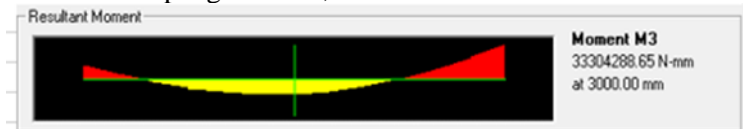


Gambar 4.25 Hasil ouput SAP 2000 gaya torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur (Mu)

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

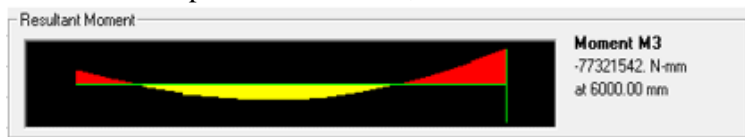
Momen lapangan : 33,3043 KN-m



Gambar 4.26 Hasil ouput SAP 2000 momen lapangan
balok

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

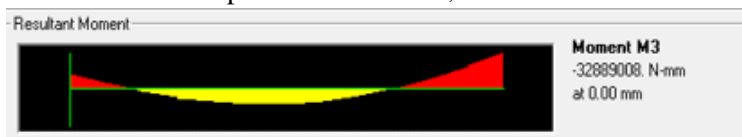
Momen Tumpuan kanan : 77,3215 KN-m



Gambar 4.27 Hasil ouput SAP 2000 momen tumpuan
kanan balok

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

Momen Tumpuan kiri : 32,889 KN-m



Gambar 4.28 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan
kiri balok

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

Gaya geser V_u : 49,484 KN-m



Gambar 4.29 Hasil output SAP 2000 gaya geser muka balok

Hasil Output Diagram Gaya Aksial (Pu)

Kombinasi : 1,2D+1E+1L

Gaya geser V_u : 16,943 KN-m



Gambar 4.30 Hasil output SAP 2000 gaya geser muka balok

❖ Cek syarat aksial pada balok

$$\mu_u < 0,1 \cdot A_g \cdot F_c'$$

$$P_u \cdot 1000 < 0,1 \cdot 400 \cdot 250 \cdot 100 \cdot 30$$

$$16943 < 30000000 \text{ (OK)}$$

❖ Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir. Ukuran balok yang dipakai 25cm x 40 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 250mm \times 400mm = 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 \times (250mm + 400mm) = 1300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\
 &\quad \times (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\
 &= (250\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 8\text{mm}) \\
 &\quad \times (400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 8\text{mm}) \\
 &= 46816 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times \left[(b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \right. \\
 &\quad \left. + (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - \phi_{geser}) \right] \\
 &= 2 \times [(250 - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 8\text{mm}) \\
 &\quad + (400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 8\text{mm})] \\
 &= 916 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Puntir

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi: 1,2D+1E+1L

$$T_u = 1346881,92 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5})$$

$$T_n = \frac{1346881,92 \text{ Nmm}}{0,75} = 1795842,56 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi: 1,2 D + 1L + 1 Ey + 0,3 Ex

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi yakni:

$$T_{u_{min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

Maka :

$$T_{u_{min}} = 0,75 \times 0,083 \\ \times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(100000 \text{ mm}^2)^2}{1300 \text{ mm}} \right) \\ = 2622748,4 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar

$$T_{u_{max}} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))}$$

Maka :

$$T_{u_{max}} = 0,75 \times 0,33 \\ \times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(100000 \text{ mm}^2)^2}{1300 \text{ mm}} \right) \\ = 10427794,84 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{min}}$ maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u_{min}}$ maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi

$$1346881,92 \text{ Nmm} < 2622748,4 \text{ Nmm}$$

(Abaikan tulangan puntir)

Perhitungan Tulangan Lentur

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d \\ = \frac{600}{600 + 400} \times 344 \text{ mm} = 206,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 206,4 \text{ mm}$$

$$= 154,8 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'$$

$$= 56 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$= 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$= 765000 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 1912,5 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = Asc \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$= 1912,5 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(344 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 217260000 \text{ Nmm}$$

Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:
(1,2D + 1E + 1L)

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 77321542 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 77321542 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{77321542 \text{ Nmm}}{0.8}$$

$$M_n = 96651927,5 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 96651927,5 \text{ Nmm} - 217260000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -120608073 \text{ Nmm}$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan rangkap, dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{96651927,5 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times 344 \text{ mm}^2} = 3,267033785 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2})$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right) = 0,0325125$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b \quad (\text{SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3})$$

$$\begin{aligned}
&= 0,75 \times 0,0325125 \\
&= 0,024384375 \\
\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{N}{mm^2}} \\
&= 0,0035 \\
m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \\
&= \frac{400 \frac{N}{mm^2}}{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2}} \\
&= 15,69 \\
\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,267}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right) \\
&= 0,0087710
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\
0,0035 &< 0,00877 < 0,024 \text{ (memenuhi)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0,00877 \times 250 \text{ mm} \times 344 \text{ mm} \\
&= 754,3020581 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
&= \frac{1}{4} \pi (16 \text{ mm})^2 \\
&= 200,96 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tarik

$$\begin{aligned}
n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
&= \frac{754,302 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} \\
&= 3,75 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 200,96 \text{ mm}^2 \\
 &= 803,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 803,84 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &754,3020581 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka As' adalah :

$$As' = 0,3 \times As$$

$$As' = 0,3 \times 754,302 \text{ mm}^2$$

$$As' = 226,2906174 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As'}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{226,29 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,126 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 3 \times 200,96 \text{ mm}^2 \\
 &= 602,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 602,88 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &226,29 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &\leq S_{sejajar} = 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih} \\
 &\text{dari 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (4 \times 16\text{mm})}{4 - 1} \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$S_{maks} = 30 \text{ mm} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (3 \times 16 \text{ mm})}{3 - 1} \\
 &= 53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$S_{maks} = 53 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 40 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok BA (25/40) untuk daerah tumpuan kanan bentang 6 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= 4D16 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16\text{mm})^2 \\ &= 803,84\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= 3D16 \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times (16\text{mm})^2 \\ &= 602,88\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

$$602,88\text{mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 803,84\text{mm}^2$$

$$602,88\text{mm}^2 \geq 267,95\text{mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D16

Tulangan tekan : 3D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{spakai} \text{ tulangan tarik } 4D16 = 803,84\text{mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{803,84\text{mm}^2 \times 400\text{N/mm}^2}{0,85 \times 30\text{N/mm}^2 \times 250\text{mm}} \\ &= 50,437\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 250\text{mm} \times 30\text{N/mm}^2 \times 50,437\text{mm} \\ &= 321536\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{spakai} \times f_y \\ &= 803,84\text{mm}^2 \times 400\text{N/mm}^2 \\ &= 321536\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(321536 \text{ N} \times \left(344\text{mm} - \frac{50,437 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (321536 \text{ N} \\
 &\quad \times (344\text{mm} - 56\text{mm})) \\
 &= 195102093,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

Mn pasang \geq Mu perlu

$$0,9 \times 195102093,2 \text{ Nmm} \geq 96651927,5 \text{ Nmm}$$

$$175591883,9 \text{ Nmm} \geq 96651927,5 \text{ Nmm} ()$$

$$As_{pakai} \text{ tulangan tekan } 3D16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}} \\
 &= 37,82 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
 &= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 37,82 \text{ mm} \\
 &= 241102,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As_{pakai} \times fy \\
 &= 602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 241152 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(241102,5 \text{ N} \times \left(344\text{mm} - \frac{37,82 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (241152 \text{ N} \\
 &\quad \times (344\text{mm} - 56\text{mm})) \\
 &= 170981443,7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\phi M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,9 \times 170981443,7 \text{ Nmm} > 96651927,5 \text{ Nmm}$$

$$153883299,3 \text{ Nmm} > 96651927,5 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok BA (25/40) adalah sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3D16

Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:
(1,2D+1E+1L)

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 32889008 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 32889008 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{32889008 \text{ Nmm}}{0.8}$$

$$M_n = 41111260 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 41111260 \text{ Nmm} - 217260000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -176148740 \text{ Nmm} \quad \text{Karena}$$

$M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan, dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{41111260 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (344 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,389645078 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,39}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right)$$

$$= 0,0035743$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00357 < 0,024 \text{ (memenuhi)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,00357 \times 250\text{mm} \times 344\text{mm}$$

$$= 307,3910428 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (16\text{mm})^2$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang tarik

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}}$$

$$= \frac{307,3910 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2}$$

$$= 1,53 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{As pasang tarik} = n \times \text{Luasan tulangan lentur}$$

$$= 4 \times 200,96 \text{ mm}^2$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$\text{As pasang} = 803,84 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 307,3910 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka $A_{s'}$ adalah :

$$A_{s'} = 0,3 \times A_s$$

$$A_{s'} = 0,3 \times 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 241,152 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s'}}{\text{Luasan tulangan lentur}}$$

$$= \frac{241,152 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \\
 \text{As pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 3 \times 200,96 \text{ mm}^2 \\
 &= 602,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 602,88 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &226,29 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (4 \times 16\text{mm})}{4 - 1} \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 30 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 &= 53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$S_{maks} = 53 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok BA (25/40) sebagai berikut,

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$A_{spasang} = 4D16$$

$$= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16\text{mm})^2$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 3D16$$

$$= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times (16\text{mm})^2$$

$$= 602,88 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

$$602,88 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 803,8 \text{ mm}^2$$

$$602,88 \text{ mm}^2 \geq 267,95 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D16

Tulangan tekan : 3D16

Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tarik 4D16} = 803,84 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{803,84 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$= 50,437 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 50,437 \text{ mm}$$

$$= 321536 \text{ N}$$

$$Cs' = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 321536 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= \left(321536 \text{ N} \times \left(344 \text{ mm} - \frac{50,44 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$+ (321536 \text{ N} \times (344 \text{ mm} - 56 \text{ mm}))$$

$$= 195102093,2 \text{ Nmm}$$

Maka,

$Mn \text{ pasang} \geq Mu \text{ perlu}$

$$0,9 \times 195102093,2 \text{ Nmm} > 41111260 \text{ Nmm}$$

$$175591883,9 \text{ Nmm} > 41111260 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tekan 3D16} = 602,88 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}} \\
&= 37,83 \text{ mm} \\
Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
&= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 37,38 \text{ mm} \\
&= 241152 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cs' &= A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y \\
&= 602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
&= 241152 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
&= \left(241152 \text{ N} \times \left(344 \text{ mm} - \frac{37,83 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
&\quad + (241152 \text{ N} \times (344 \text{ mm} - 56 \text{ mm})) \\
&= 147846943,4 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka,

$$\phi M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$\begin{aligned}
0,9 \times 147846943,4 \text{ Nmm} &> 4111260 \text{ Nmm} \\
133062249,1 \text{ Nmm} &> 4111260 \text{ Nmm} \\
&\text{(memenuhi)}
\end{aligned}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok BA (25/40) untuk daerah tumpuan kiri sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3D16

Daerah Lapangan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$(1,2 D + 1L + 1 Ex + 0,3 Ey)$$

$$M_{u \text{ lapangan}} = 33304288,65 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 33304288,65 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{33304288,65 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 41630360,81 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 41630360,81 - 217260000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -175629639 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan, dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{41630360,81 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (344 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,407191753 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{N}{mm^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \frac{N}{mm^2}}{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2}}$$

$$= 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,41}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right)$$

$$= 0,0036208$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0036208 < 0,024 \text{ (memenuhi)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0036208 \times 250 \text{ mm} \times 344 \text{ mm}$$

$$= 301 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (16 \text{ mm})^2$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang tarik

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan tulangan lentur}}$$

$$= \frac{301 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2}$$

$$= 1,49 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang tarik} = n \times \text{Luasan tulangan lentur}$$

$$= 4 \times 200,96 \text{ mm}^2$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$As \text{ pasang} = 803,84 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 307,3910 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka As' adalah :

$$As' = 0,3 \times As$$

$$As' = 0,3 \times 803,84 \text{ mm}^2$$

$$As' = 241,152 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{As'}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\ &= \frac{241,152 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} \\ &= 1,2 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As \text{ pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\ &= 3 \times 200,96 \text{ mm}^2 \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$As \text{ pasang} = 602,88 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 226,29 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (4 \times 16\text{mm})}{4 - 1} \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$S_{maks} = 30 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 40 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - (3 \times 16 \text{ mm})}{3 - 1} \\
 &= 53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$S_{maks} = 53 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 40 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok BA (25/40) daerah lapangan bentang 6 m :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 4D16 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (16\text{mm})^2 \\ &= 803,84\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 3D16 \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times (16\text{mm})^2 \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\ 602,88 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$602,88 \text{ mm}^2 \geq 267,95 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D16

Tulangan tekan : 3D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pakai tulangan tarik}}} 4D16 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{803,84 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250\text{mm}} \\ &= 50,437 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 50,44\text{mm} \\ &= 321536 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s'} &= A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 321536 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(321536 \text{ N} \times \left(344\text{mm} - \frac{50,44 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (321536 \text{ N} \times (344\text{mm} - 56\text{mm})) \\
 &= 195102093,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

Mn pasang \geq Mu perlu

$$0,9 \times 195102093,2 \text{ Nmm}$$

$$> 41630360,81 \text{ Nmm}$$

$$175591883,9 \text{ Nmm} > 41630360,81 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$$As_{pakai} \text{ tulangan tekan } 3D16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$= 37,83 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 37,38 \text{ mm}$$

$$= 241152 \text{ N}$$

$$Cs' = As_{pakai} \times f_y$$

$$= 602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 241152 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(241152 \text{ N} \times \left(344 \text{ mm} - \frac{37,83 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + \left(241152 \text{ N} \right. \\
 &\quad \left. \times (344 \text{ mm} - 56 \text{ mm}) \right) \\
 &= 147846943,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\theta M_{n \text{ pasang}} > M_u$$

$$0,9 \times 147846943,4 \text{ Nmm} > 41111260 \text{ Nmm}$$

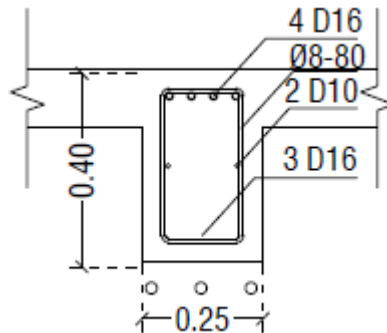
$$133062249,1 \text{ Nmm} > 41111260 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

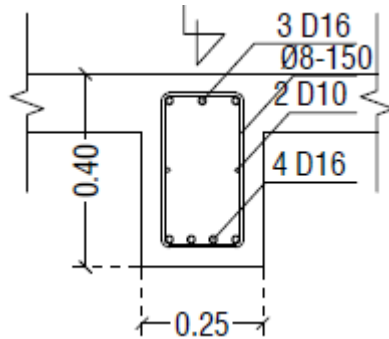
Jadi, penulangan lentur untuk balok BA (25/40) untuk daerah tumpuan kiri sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3D16



Gambar 4.31 Kebutuhan tulangan tumpuan balok anak



Gambar 4.32 Kebutuhan tulangan lapangan balok anak

Perhitungan Tulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

f_c'	$= 30 \text{ N/mm}^2$
f_y	$= 240 \text{ N/mm}^2$
β_1	$= 0,85$
ϕ_{reduksi}	$= 0,75$
Lebar	$= 250 \text{ mm}$
Tinggi	$= 400 \text{ mm}$
ϕ_{sengkang}	$= 8 \text{ mm}$

- ❖ Dalam analisa perhitungan tulangan lentur didapatkan tulangan lentur tumpuan kanan dan kiri dengan luasan tulangan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan sebagai berikut :

➤ Tumpuan kiri

- As pakai tulangan tarik $4D16=803,84\text{mm}^2$
- As pakai tulangan tekan $3D16=602,88 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As_{\text{tul tarik}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{803,84 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 50,44 \text{ mm}$$

$$Mn_L = As \text{ tul lentur} \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_L = 803,84 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(344 \text{ mm} - \frac{50,44 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_L = 102499725,2 \text{ Nmm}$$

➤ Tumpuan kanan

- As pakai tulangan tarik 4D16= 803,84 mm²

- As pakai tulangan tekan 3D16= 602,88 mm²
As tul tekan × fy

$$a = \frac{0,85 \times fc' \times b}{602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}$$

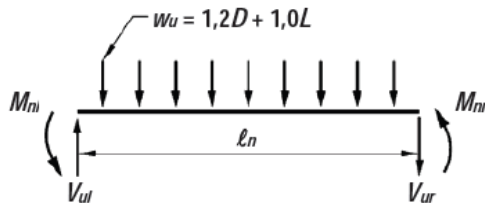
$$a = \frac{602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

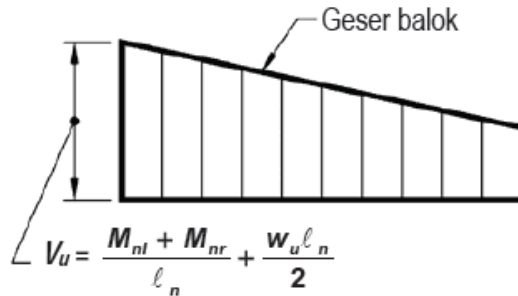
$$a = 37,83 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \text{ tul tarik} \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 602,88 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(344 \text{ mm} - \frac{37,83 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_R = 76874793,92 \text{ Nmm}$$





Gambar 4.33 Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1L+1 Ex + 0,3 Ey dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar $V_u = 49483,89 \text{ N}$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Dimana:

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u \\ &= \frac{102499725,2 \text{ Nmm} + 76874793,92 \text{ Nmm}}{6000 \text{ mm}} + 49483,89 \\ &= 79379,64319 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa (SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,477 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi syarat SNI)}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 250\text{mm} \\ &\quad \times 344\text{mm} \\ &= 80077,03791 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 250\text{mm} \times 344\text{mm} \\ &= 28666,66667 \text{ N} \\ V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30\text{N/mm}^2} \times 250\text{mm} \times 344\text{mm} \\ &= 157013,7998 \text{ N} \\ 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30\text{N/mm}^2} \times 250\text{mm} \times 344\text{mm} \\ &= 314027,5996 \text{ N} \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

a.) Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 79379,64319N$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$79379,64319N \geq 30028,88922 N \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_{cu} \leq \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$30028,88922N \leq 79379,64319 N \geq 60057,77843 N \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$$

Tulangan geser minimum

$$60057,77843 N \leq 79379,64319 N \leq 81557,77843 N \quad (\text{memenuhi})$$

Kondisi Geser 4

$$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}})$$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$$81557,77843 N \geq 79379,64319 N \leq 177818,1283 N \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 5

$$\phi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{max}})$$

→ Perlu tulangan geser

$$177818,1283 N \geq 79379,64319 N \leq$$

$$295578,4782 N \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 3.

$$\begin{aligned} V_{s_{min}} &= \frac{bw \times d}{3} \\ &= \frac{250 \times 344}{3} \\ &= 28666,66667 N \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø 8mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

Direncanakan $S_{perlu} = 80 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \pi d^2 n_{kaki} \\ &= \frac{1}{4} 3,14 \cdot 8^2 \cdot 2 \\ &= 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s_{perlu}}} \\ &= \frac{100,48 \times 240 \times 344}{28666,67} \\ &= 289,38 \text{ mm}^2 \sim 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 3

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$80 \text{ mm} \leq \frac{344 \text{ mm}}{2}$$

$$80 \text{ mm} \leq 172 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq 600$$

$$80 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\varnothing 8 - 80 \text{ mm}$.

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- a. $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan

- a. $S_{\text{pakai}} < d/4$
80 mm < 86 mm (memenuhi persyaratan)
- b. $S_{\text{pakai}} < 8 \times D \text{ lentur}$
80 mm < 128 mm (memenuhi persyaratan)
- c. $S_{\text{pakai}} < 24 \times D \text{ sengkang}$
80 mm < 192 mm (memenuhi persyaratan)
- d. $S_{\text{pakai}} < 300 \text{ mm}$
80 mm < 300 mm (memenuhi persyaratan)

b.) Wilayah 2 Daerah (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode

perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} &= \frac{V_{u1}}{0,5Ln} \\ V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln} \\ &= \frac{79379,64319 \text{ N} \times (3000 \text{ mm} - 800 \text{ mm})}{3000 \text{ mm}} \\ &= 58211,73834 \text{ N}\end{aligned}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow$ Tidak perlu tulangan geser

$58211,73834 \text{ N} \geq 30028,88922 \text{ N}$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$30028,88922 \text{ N} \leq 58211,73834 \text{ N} \leq 60057,77843 \text{ N}$ (memenuhi)

Kondisi Geser 3

$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$60057,77843 \text{ N} \geq 58211,73834 \text{ N} \leq 81557,77843 \text{ N}$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$\phi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$81557,77843 \text{ N} \geq 58211,73834 \text{ N} \leq 177818,1283 \text{ N}$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\phi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$177818,1283 \text{ N} \geq 58211,73834 \text{ N} \leq 295578,4782 \text{ N}$ (Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2.

$$V_{s_{min}} = \frac{b_w \times d}{3}$$

$$= \frac{250 \times 344}{3}$$

$$= 28666,66667$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø8mm dengan jumlah kaki n= 2, maka luasan tulangan geser:

Direncanakan S pakai = 125 mm

$$A_v = \frac{1}{4} \pi d^2 n \text{ kaki}$$

$$= \frac{1}{4} 3,14.8^2.2$$

$$= 100,48 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (Sperlu)

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{100,48 \times 240 \times 344}{28666,67}$$

$$= 289,38 \text{ mm}^2 \sim 125 \text{ mm}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- a) Senggang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok (lapangan)

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(3))

Cek persyaratan

$$-S_{\text{pakai}} < d/2$$

-125 mm < 172 mm (memenuhi persyaratan)

Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan yang disebut sebagai panjang penyaluran tulangan.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30'}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 556,4165664 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{301 \text{ mm}^2}{803,84 \text{ mm}^2} \times 556,42 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 208,35 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 600 mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 280,43 \text{ mm} \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_d = 0,034 \times f_y \times d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{ Mpa} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 217,6 \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 280,43 mm

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{241,152 \text{ mm}^2}{602,88 \text{ mm}^2} \times 280,43 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 112,17 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 200 mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψe = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 280,434 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{301 \text{ mm}^2}{803,84 \text{ mm}^2} \times 280,43 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 105,0092292 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 250 mm

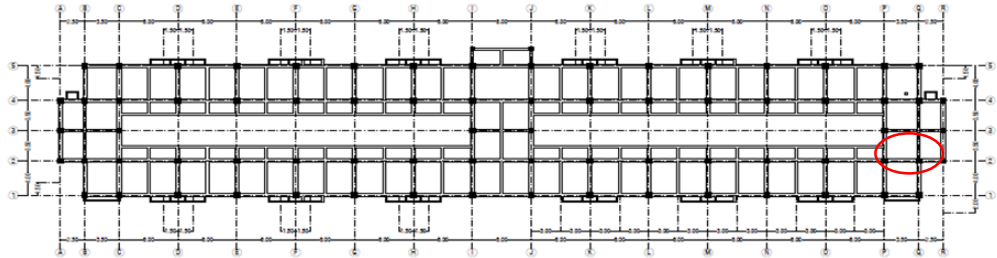
Tabel 4.45 Rekapitulasi Penulangan Balok

Tipe balok	Penulangan	
Balok I 40/60	Lentur	6D19 4D19
	Geser	$\emptyset 8 - 125$ $\emptyset 8 - 150$
	Puntir	2D10
Balok II 25/40	Lentur	4D16 3D16
	Geser	$\emptyset 8 - 80$ $\emptyset 8 - 150$
	Puntir	2D10
Balok III 20/30	Lentur	3D13 2D13
	Geser	$\emptyset 8 - 50$ $\emptyset 8 - 100$
	Puntir	2D10

4.3.2.2 Perhitungan Sloof

Perhitungan tulangan balok S1 (30×50) cm dengan data perencanaan berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil

output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 sebagai berikut,



Gambar 4.34 Denah balok yang ditinjau pada lantai 1, tipe balok sloof

Data Perencanaan Balok :

Tipe balok	: S1
AS balok yang di tinjau	: Frame 37
Tinggi Balok (h balok)	: 500 mm
Lebar Balok (b balok)	: 300 mm
Panjang Balok (L balok)	: 2500 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 30 N/mm^2
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 N/mm^2
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 240 N/mm^2
Diameter Tulangan Lentur	: D 19
Diameter Tulangan Geser	: $\phi 8$
Diameter Tulangan Puntir	: $\phi 13$
Jarak Spasi Tul. Sejajar	: 40 mm
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)</i>	
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 7.7.1 (c))</i>	
Faktor β_1	: 0,85
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))</i>	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,8
<i>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}} \\
 &= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 8\text{mm} - \frac{1}{2} 19\text{mm} \\
 &= 442,5\text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 500\text{ mm} - 442,5\text{ mm} = 57,5\text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan

Dalam perhitungan balok menggunakan kombinasi 1,2D+1L+1E dari hasil program SAP 2000. Berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi

Kombinasi : 1,2D+1L+1E

Momen Puntir : 0,1703 KN-m

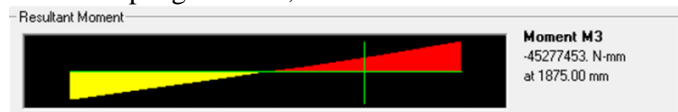


Gambar 4.35 Hasil output SAP 2000 gaya torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

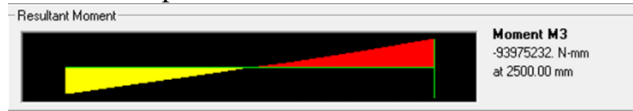
Kombinasi : 1,2D+1L+1E

Momen lapangan : 45,2775 KN-m



Gambar 4.36 Hasil output SAP 2000 momen lapangan balok

Kombinasi : 1,2D+1L+1E
 Momen Tumpuan kanan : 93,9752 KN-m



Gambar 4.37 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kanan

Kombinasi : 1,2D+1L+1E
 Momen Tumpuan kiri : 81,4605 KN-m

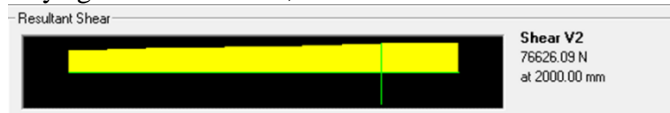


Gambar 4.38 Hasil output SAP 2000 momen tumpuan kiri

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2D+1L+1E

Kombinasi : 1,2D+1L+1E
 Gaya geser V_u : 76,626 KN-m



Gambar 4.39 Hasil output SAP 2000 momen geser balok

❖ Cek syarat aksial pada balok

$$\mu_u < 0,1 \cdot A_g \cdot F_c'$$

$$P_u \cdot 1000 < 0,1 \cdot 500 \cdot 300 \cdot 100 \cdot 30$$

$$11191 < 450000 \text{ (OK)}$$

❖ Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir. Ukuran balok yang dipakai 30cm x 50 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$= 300\text{mm} \times 500\text{mm} = 150000 \text{ mm}^2$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$= 2 \times (300\text{mm} + 500\text{mm}) = 1600 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser})$$

$$\times (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser})$$

$$= (500\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 8\text{mm}) \\ \times (500\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 19\text{mm})$$

$$= 82416 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2 \times t_{decking} - 2\phi_{geser}) \\ + (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$= 2 \times [(500 - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 8\text{mm}) \\ + (500\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 19\text{mm})]$$

$$= 1216 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi: $1,2 D + 1L + 1E$

$$T_u = 170285 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5)

$$T_n = \frac{170285 \text{ Nmm}}{0,75} = 227046,6667 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi: $1,2 D + 1L + 1E$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi yakni:

$$T_{u_{min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

Maka :

$$\begin{aligned} T_{u_{min}} &= 0,75 \times 0,083 \\ &\times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(150000 \text{ mm}^2)^2}{1600 \text{ mm}} \right) \\ &= 4794711,919 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar

$$T_{u_{max}} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

Maka :

$$\begin{aligned} T_{u_{max}} &= 0,75 \times 0,33 \\ &\times 1 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(150000 \text{ mm}^2)^2}{1600 \text{ mm}} \right) \\ &= 19063312,45 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{min}}$ maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u_{min}}$ maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi

$$T_u = 170285 \text{ Nmm} < T_{u_{min}} = 4794711,919 \text{ Nmm}$$

(abaikan tulangan puntir)

Perhitungan Tulangan Lentur

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= \frac{600}{600 + 400} \times 442,5 \text{ mm} = 265,5 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 265,5 \text{ mm} \\ &= 199,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 57,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm} \\ &= 918000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\ &= 2295 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\ &= 3060 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(542,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 351135000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

(1,2 D + 1L + 1E)

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 93975232 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_u = 93975232 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{93975232 \text{ Nmm}}{0.8}$$

$$M_n = 117469040 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 117469040 \text{ Nmm} - 351135000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -233665960 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{117469040 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (442,5 \text{ mm})^2} =$$

$$1,999749582 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{N}{mm^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \frac{N}{mm^2}}{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2}}$$

$$= 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,00}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right)$$

$$= 0,0052125$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0052 < 0,024 \text{ (memenuhi)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,0052 \times 300\text{mm} \times 442,5\text{mm}$$

$$= 691,9555035 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (19\text{mm})^2$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang tarik

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s$$

$$= 972,1869973 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}}$$

$$= \frac{691,9555035 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,44 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \\
 \text{As pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283,385 \text{ mm}^2 \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &972,1869973 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**,
luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3
tulangan tarik maka As' adalah :

$$\begin{aligned}
 As' &= 0,3 \times As \\
 As' &= 0,3 \times 972,1869973 \text{ mm}^2 \\
 As' &= 207,586651 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As'}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{207,586651 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\
 &= 0,73252519 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283,385 \text{ mm}^2 \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &972,1869973 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &\geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\
 S_{maks} &\leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun lebih} \\
 &&& \text{dari 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
&= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19\text{mm})}{4 - 1} \\
&= 42,67 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 42,67 \text{ mm} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
&= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19 \text{ mm})}{4 - 1} \\
&= 166 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 166 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 40 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok S1 (30/50) sebagai berikut,

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 4D19 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1133,54\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 4D19 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq 377,85 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D19

Tulangan tekan : 4D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pakai}}} \text{ tulangan tarik } 4D19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300\text{mm}} \\ &= 59,270 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 59,27\text{mm} \\ &= 453416 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 453416 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(453416 \, N \times \left(442,5 \text{ mm} - \frac{59,27 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (453416 \, N \\
 &\quad \times (442,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm})) \\
 &= 361764742 \, \text{Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

Mn pasang \geq Mu perlu

$$0,9 \times 361764742 \, \text{Nmm} > 162193202,5 \, \text{Nmm}$$

$$325588267,8 \, \text{Nmm} > 162193202,5 \, \text{Nmm}$$

(Memenuhi)

$$As_{pakai} \text{ tulangan tekan } 4D19 = 1133,54 \, \text{mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \frac{1133,54 \, \text{mm}^2 \times 400 \, \text{N/mm}^2}{0,85 \times 30 \, \text{N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}} \\
 &= 59,270 \, \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
 &= 0,85 \times 300 \, \text{mm} \times 30 \, \text{N/mm}^2 \times 59,27 \text{ mm} \\
 &= 453416 \, N
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As_{pakai} \times fy \\
 &= 1133,54 \, \text{mm}^2 \times 400 \, \text{N/mm}^2 \\
 &= 453416 \, N
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(453416 \, N \times \left(442,5 \text{ mm} - \frac{59,27 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (453416 \, N \\
 &\quad \times (442,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm})) \\
 &= 361764742 \, \text{Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$M_n \text{ pasang} \geq M_u \text{ perlu}$
 $0,9 \times 361764742 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$
 $325588267,8 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$
 (Memenuhi)

Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$(1,2 D + 1L + 1E)$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 81460497,3 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 81460497,3 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{81460497,3 \text{ Nmm}}{0.8}$$

$$M_n = 101825621,6 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 101825621,6 \text{ Nmm} - 351135000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -249309378 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{101825621,6 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (442,5 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,733441802 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right) \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\ &= 15,69\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,733}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \right) \\ &= 0,0044919\end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0044919 < 0,024$$

(memenuhi) sehingga digunakan ρ_{pakai}

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0044919 \times 300\text{mm} \times 442,5\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 596,2935531 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,89 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tarik

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s \\
 &= 596,2935531 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{596,2935531 \text{ mm}^2}{283,89 \text{ mm}^2} \\
 &= 2,104181778 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \\
 A_s \text{ pasang} &= 4 \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283,89 \text{ mm}^2 \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= 1133,54 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = \\
 &596,2935531 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka A_s' adalah :

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,3 \times A_{s \text{ perlu}} \\
 A_s' &= 0,3 \times 596,2935531 \text{ mm}^2 \\
 A_s' &= 340,062 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s'}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{340,062 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \\
 \text{As pasang tarik} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283,385 \text{ mm}^2 \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= 1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = \\
 &340,062 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &\geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\
 S_{maks} &\leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun lebih} \\
 &&& \text{dari 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19\text{mm})}{4 - 1} \\
 &= 42,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= 42,67 \text{ mm} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \\
 &\rightarrow \text{susun 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 16 \text{ mm})}{4 - 1} \\
 &= 42,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$S_{maks} = 42,67 \text{ mm} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (30/50) sebagai berikut,

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+)\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &= 6D19 \\ &= 6 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1700,031 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &= 4D19 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+)\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1700,031 \text{ mm}^2$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq 566,77 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 6D19

Tulangan tekan : 4D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tarik 4D19} = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}} \\ &= 59,270 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 59,27 \text{ mm} \\ &= 453416 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s_{pakai}} \times f_y \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 453416 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left(453416 \text{ N} \times \left(442,5 \text{ mm} - \frac{59,27 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\ &\quad + (453416 \text{ N} \times (442,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm})) \\ &= 361764742 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka,

Mn pasang \geq Mu perlu

$$0,9 \times 361764742 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$$

$$325588267,8 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tekan 4D19} = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}} \\ &= 59,270 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
 &= 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 59,27 \text{ mm} \\
 &= 453416 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{s_{pakai}} \times f_y \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 453416 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(453416 \text{ N} \times \left(442,5 \text{ mm} - \frac{59,27 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (453416 \text{ N} \times (442,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm})) \\
 &= 361764742 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$M_n \text{ pasang} \geq M_u \text{ perlu}$

$$0,9 \times 361764742 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$$

$$325588267,8 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Daerah Lapangan

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi:

$$(1,2 D + 1L + 1E)$$

$$M_{u \text{ lapangan}} = 45277453 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 45277453 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 Mn &= \frac{45277453 \text{ Nmm}}{0.8}
 \end{aligned}$$

$$M_n = 56596816,25 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_n > 0$ = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ = maka tidak perlu tulangan lentur tekan
Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 56596816,25 \text{ Nmm} -$$

$$351135000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -294538184 \text{ Nmm}$$

Sehingga $M_{ns} \leq 0$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan, dan untuk analisa selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{56596816,25 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (442,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,963483312 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times \frac{30\text{N}}{\text{mm}^2}}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \left(\frac{600}{600 + 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

(SNI 2847:2013, Lampiran B.10.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$= 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{400 \frac{N}{mm^2}}{0,85 \times 30 \frac{N}{mm^2}} \\
 &= 15,69 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,96}{400 \frac{N}{mm^2}}} \right) \\
 &= 0,0024560
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,0024560 < 0,024 \quad (\text{memenuhi})$$

sehingga menggunakan

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\
 &= 0,0037427 \times 300\text{mm} \times 442,5\text{mm} \\
 &= 464,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (19\text{mm})^2 \\
 &= 283,89 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang tekan

Luasan tulangan perlu tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= A_s \\
 &= 464,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan tulangan lentur}} \\
 &= \frac{464,25 \text{ mm}^2}{283,89 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,64 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luasan tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283,89 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 1133,54 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$\text{As pasang} = 1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 464,25 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan pasang tarik

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka As' adalah :

$$\text{As}' = 0,3 \times \text{As perlu}$$

$$\text{As}' = 0,3 \times 464,25 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}' = 340,062 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As}'}{\text{Luasan tulangan lentur}}$$

$$= \frac{340,062 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2}$$

$$= 1,2 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{As pasang tarik} = n \times \text{Luasan tulangan lentur}$$

$$= 4 \times 283,385 \text{ mm}^2$$

$$= 1133,54 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$\text{As pasang} = 1133,54 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 464,25 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19\text{mm})}{4 - 1}$$

$$= 42,67 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{\text{maks}} = 42,67 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm}$$

→ susun lebih dari 1 lapis

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$= 42,67 \text{ mm}$$

Syarat:

$$S_{\text{maks}} = 42,67 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm}$$

→ susun 1 lapis

Maka dipasang tulangan lentur balok S1 (30/40) sebagai berikut

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang:

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &= 4D19 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &= 4D19 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$803,84 \text{ mm}^2 \geq 377,85 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D19

Tulangan tekan : 4D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tarik } 4D19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} \\ &= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300\text{mm}} \\ &= 59,270 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_{c'} \times a \\ &= 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 59,27\text{mm} \\ &= 453416 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s_{pakai}} \times f_y \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 453416 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
&= \left(453416 \text{ N} \times \left(442,5\text{mm} - \frac{59,27 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
&\quad + \left(453416 \text{ N} \right. \\
&\quad \left. \times (442,5\text{mm} - 57,5\text{mm}) \right) \\
&= 361764742 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka,

$M_n \text{ pasang} \geq M_u \text{ perlu}$

$$0,9 \times 361764742 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$$

$$325588267,8 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

$$A_{s_{pakai}} \text{ tulangan tekan } 4D19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
&= \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300\text{mm}} \\
&= 59,270 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
&= 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 59,27\text{mm} \\
&= 453416 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cs' &= A_{s_{pakai}} \times f_y \\
&= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
&= 453416 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
&= \left(453416 \text{ N} \times \left(442,5\text{mm} - \frac{59,27 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
&\quad + \left(453416 \text{ N} \right. \\
&\quad \left. \times (442,5\text{mm} - 57,5\text{mm}) \right) \\
&= 361764742 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Maka,

$M_n \text{ pasang} \geq M_u \text{ perlu}$

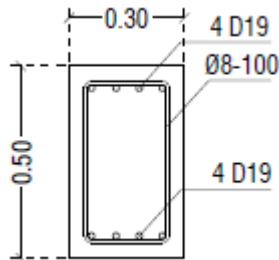
$$0,9 \times 361764742 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$$

$325588267,8 \text{ Nmm} > 162193202,5 \text{ Nmm}$
(Memenuhi)

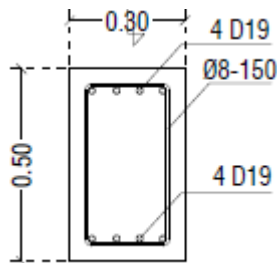
Jadi, penulangan lentur untuk balok S1 (30/50) adalah sebagai berikut:

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4D19



Gambar 4.40 Kebutuhan tulangan tumpuan sloof 1



Gambar 4.41 Kebutuhan tulangan lapangan balok induk

Perhitungan Tulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

$f_c' = 30 \text{ N/mm}^2$

$f_y = 240 \text{ N/mm}^2$

$\beta_1 = 0,85$

$\phi_{\text{reduksi}} = 0,75$

Lebar = 300 mm

Tinggi = 500 mm
 Øsengkang = 8 mm

- ❖ Dalam analisa perhitungan tulangan lentur didapatkan tulangan lentur tumpuan kanan dan kiri dengan luasan tulangan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan sebagai berikut :

➤ Tumpuan kiri

- As pakai tulangan tarik 4D19=1133,54mm²
- As pakai tulangan tekan 4D19=1133,54mm²

$$a = \frac{As \text{ tul tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 59,324 \text{ mm}$$

$$Mn_L = As \text{ tul lentur} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_L = 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(442,5 \text{ mm} - \frac{59,324 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_L = 187357680,6 \text{ Nmm}$$

➤ Tumpuan kanan

- As pakai tulangan tarik 4D19= 1133,54 mm²
- As pakai tulangan tekan 4D19= 1133,54 mm²

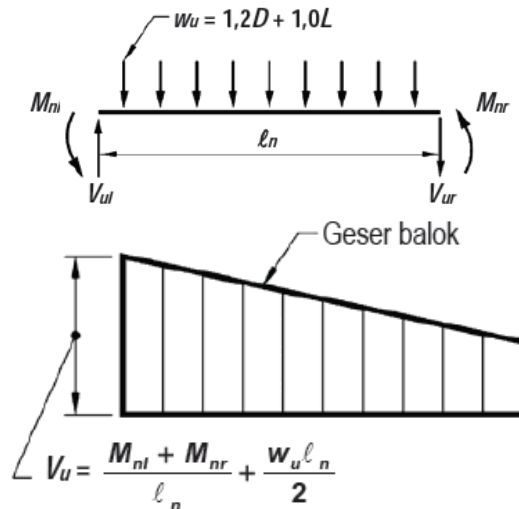
mm²

$$a = \frac{As \text{ tul tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 59,324 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nR} &= A_s \text{ tul tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 M_{nR} &= 1133,54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N} \\
 &\quad / \text{mm}^2 \times \left(442,5 \text{ mm} - \frac{59,324 \text{ mm}}{2}\right) \\
 M_{nR} &= 187357680,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.42 Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1L+1E dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser terfaktor sebesar $V_u = 76626,09 \text{ N}$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2} \\
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Dimana:

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u \\ &= \frac{187357680,6 \text{ Nmm} + 187357680,6 \text{ Nmm}}{3500 \text{ mm}} + 76626,09 \text{ N} \\ &= 226512,2345 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3

Mpa (**SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2**)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,477 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi syarat SNI)}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &\text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)} \end{aligned}$$

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 300 \text{ mm} \\ &\quad \times 442,5 \text{ mm} \\ &= 123607,2882 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s\min} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 442,5 \text{ mm} \\ &= 44250 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \\
 &\quad \times 442,5 \text{ mm} \\
 &= 242367,2317 \text{ N} \\
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \\
 &\quad \times 442,5 \text{ mm} \\
 &= 484734,4634 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (senggang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

3. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
4. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

Penulangan Geser Balok

c.) Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 210085,6055 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$226512,2345 \text{ N} \geq 46352,73306 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_{c_u} \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$46352,73306 N \leq 226512,2345 \geq$$

92705,46612 N (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$$

Tulangan geser minimum

$$92705,46612 N \leq 226512,2345 N \geq$$

125892,9661 N (Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}})$$

→ Perlu tulangan geser

$$125892,9661 N \leq 226512,2345 N \leq$$

274480,8899 N (memenuhi)

Kondisi Geser 5

$$\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}})$$

→ Perlu tulangan geser

$$274480,8899 N \geq 226512,2345 N \leq$$

456256,3137 N (Tidak memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$\begin{aligned} V_{s_{perlu}} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{226512,2345 - 0,75 \times 123607,2882}{0,75} \\ &= 178409,0245 N \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset 8mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

Direncanakan $S_{perlu} = 100$ mm

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \pi d^2 n_{kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 8^2 \times 2 \\ &= 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{perlu} &= \frac{A_v f_y d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{100,48 \times 240 \frac{N}{mm^2} \times 442,5}{176857,1675} \\
 &= 60 mm^2 \\
 &= \text{Digunakan jarak } 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{442,5 \text{ mm}}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 221,25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq 600$$

$$100 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø8 – 100 mm.

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

e. $d/4$

f. Delapan kali diameter tulangan longitudinal

g. 24 kali diameter sengkang

h. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan

b. $S_{pakai} < d/4$

100 mm < 110,63 mm (memenuhi persyaratan)

e. $S_{pakai} < 8 \times D$ lentur

100 mm < 152 mm (memenuhi persyaratan)

f. $S_{pakai} < 24 \times D$ sengkang

100 mm < 192 mm (memenuhi persyaratan)

g. $S_{pakai} < 300$ mm

100 mm < 300 mm (memenuhi persyaratan)

d.) Wilayah 2 Daerah (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{0,5L_n} \\ V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n} \\ &= \frac{226512,2345 \text{ N} \times (0,5 \times 3500 \text{ mm} - (2 \times 500 \text{ mm}))}{0,5 \times 3500 \text{ mm}} \\ &= 151008,1563 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow$ Tidak perlu tulangan geser

$151008,1563 \text{ N} \geq 46352,73306 \text{ N}$ (tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$$46352,73306 N \leq 151008,1563 N \leq 92705,46612 N \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \quad \rightarrow$$

Tulangan geser minimum

$$92705,46612 N \geq 151008,1563 N \leq 125892,9661 N \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi Geser 4

$$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}})$$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$$125892,9661 N \geq 151008,1563 N \leq 274480,8899 N \quad (\text{memenuhi})$$

Kondisi Geser 5

$$\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}})$$

\rightarrow Perlu tulangan geser

$$274480,8899 N \geq 151008,1563 N \leq 456256,3137 N \quad (\text{memenuhi})$$

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4.

$$\begin{aligned} V_{s_{perlu}} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{151008,1563 - 0,75 \times 123607,2882}{0,75} \\ &= 77736,92028 N \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset 8mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser:

Direncanakan $S_{perlu} = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \pi d^2 n \text{kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 8^2 \times 2 \\ &= 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{perlu} &= \frac{A_v f_y d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{100,48 \times 240 \frac{N}{mm^2} \times 442,5}{76702,34897} \\
 &= 139 mm^2 \\
 &= \text{Digunakan jarak } 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$150 \text{ mm} \leq \frac{442,5 \text{ mm}}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 221,25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq 600$$

$$150 \text{ mm} \leq 600 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\varnothing 8 - 150 \text{ mm}$.

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- b. Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok (lapangan)
(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(3))

Cek persyaratan

- c. $S_{pakai} < d/2$

150 mm < 271,25mm (memenuhi persyaratan)

Perhitungan Panjang Penyaluran dan Kontrol Retak

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan yang disebut sebagai panjang penyaluran tulangan.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30'}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 660,7446725 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{464,625 \text{ mm}^2}{1133,54 \text{ mm}^2} \times 700 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 286,9219436 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 300 mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 333,015315 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_d = 0,034 \times f_y \times d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 258,4 \quad \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 333,0153 mm

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{340,062 \text{ mm}^2}{1133,54 \text{ mm}^2} \times 333,015 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 99,90459449 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 200 mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψe = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_d = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 333,015315 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{464,625 \text{ mm}^2}{1133,54 \text{ mm}^2} \times 333,015315 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 136,5 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah $200 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm}$ dan $\geq 8db$ (152 mm).

Tabel 4.46 Rekapitulasi Penulangan Sloof

Tipe Sloof	Penulangan	
Sloof I 30/50 cm	Lentur	4D19 4D19
	Geser	Ø8 – 100 Ø8 – 150

Sloof II 25/40	Lentur	3D16 3D16
	Geser	Ø8 – 75 Ø8 – 150

4.3.2.3 Perhitungan Kolom

A. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom ditinjau berdasarkan aksial terbesar, momen terbesar. Untuk kolom K1 (60 x 60)cm². Berikut ini adalah data perencanaan kolom berdasarkan gambar denah kolom, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

Data Perencanaan :

Tipe Kolom	: K-1
As Kolom	: 4-J
Dimensi kolom	: 60cmx60cm
Tinggi kolom Atas	: 3500 mm
Tinggi Kolom Bawah	: 4470 mm
Tinggi Kolom Pendek	: 2100 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 30 MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	: $4700 \sqrt{f_c'}$
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200000 Mpa
F_y lentur	: 400 Mpa
F_y geser	: 240 Mpa
D lentur	: 19 mm
Ø geser	: 8 mm
Tebal selimut beton (decking)	: 40 mm
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.7.1)	
Jarak spasi tulangan sejajar	: 40 mm
(SNI 2847-2013 pasal 7.6.3)	
β_1	0,85
(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.(3))	
reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,65

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2(2))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

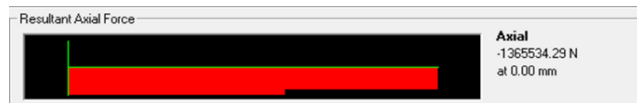
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

- Gaya aksial berdasarkan output SAP 2000 pada frame 200



Gambar 4.43 Hasil output SAP 2000 momen aksial kolom

$$P_{DL} = 640089,89 \text{ N}$$



Gambar 4.44 Hasil output SAP 2000 momen aksial kolom

$$P_u (1.2D + 1.6L + 1E_x + 0.3 E_y) = 1365534,29 \text{ N}$$

Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y.

- Untuk Momen arah X

Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 2847-2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 2847-2013)

Output SAP2000



Gambar 4.45 Hasil output SAP 2000 momen kolom

$$M_{1s} = 17910728,5 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.46 Hasil output SAP 2000 momen kolom

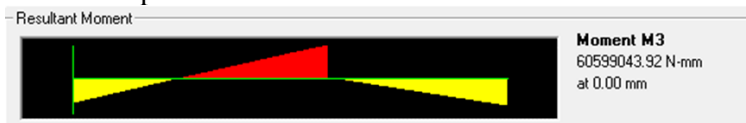
$$M_{2s} = 157835608 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

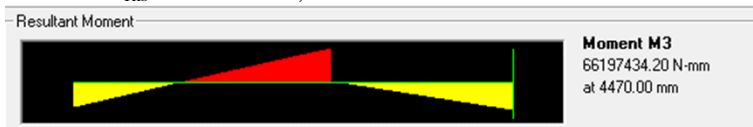
M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

Output SAP2000 :



Gambar 4.47 Hasil output SAP 2000 momen kolom

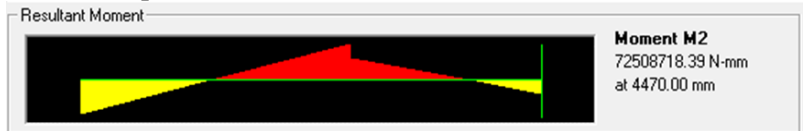
$$M_{1ns} = 60559043,92 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.48 Hasil output SAP 2000 momen kolom

$$M_{2ns} = 66197434,2 \text{ Nmm}$$

- Untuk Momen arah Y
Momen akibat pengaruh gempa :
Output SAP2000



Gambar 4.49 Hasil output SAP 2000 momen kolom

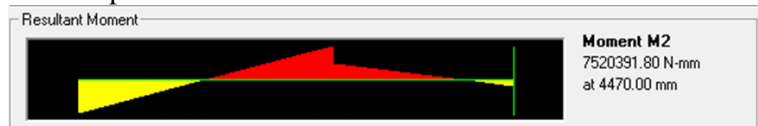
$$M_{1s} = 72508718,39 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.50 Hasil output SAP 2000 momen kolom

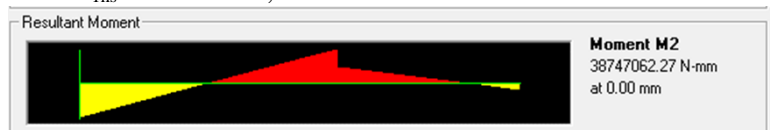
$$M_{2s} = 191914968,8 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi :
Output SAP2000



Gambar 4.51 Hasil output SAP 2000 momen kolom

$$M_{1ns} = 7520391,8 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.52 Hasil output SAP 2000 momen kolom

$$M_{2ns} = 38747062,27 \text{ Nmm}$$

- Syarat Gaya Aksial Pada Kolom
Menurut *SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2* Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada

komponen struktur kolom tidak boleh melebihi $A_g \cdot f_c'/10$ dan Bila P_u lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5(Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$$

$$1231269,63N > \frac{600 \cdot 600 \cdot 30}{10}$$

$$1231269,63N > 1080000000000 \text{ (Memenuhi)}$$

Menghitung faktor Kekakuan Kolom :

- Menghitung faktor β_d
 β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2 \times P_{DL}}{P_U (1,2D+1,6L)}$$

$$= \frac{1,2 \times 640089,89,59N}{1231269,63 N}$$

$$= 0,623834008$$

- Panjang tekuk kolom

$$\Psi = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/L)_{\text{balok}}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7.2)

Untuk kolom (60/60)

$$Elk = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$I_k = 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 0,7 \times 1/12 \times 600\text{mm} \times (600\text{mm})^3$$

$$= 7560000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

$$= 4700\sqrt{30} \text{ MPa}$$

$$= 25742,96 \text{ Nmm}$$

$$Elk = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 7560000000 \text{ mm}^4}{1 + 0,623834008}$$

$$= 4,79 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Untuk balok induk (40/60)

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 400 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3 \\ &= 2520000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 2520000000 \text{ mm}^4}{1 + 0,623834008} \\ &= 1,60 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok anak (25/40)

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 250 \text{ mm} \times (400 \text{ mm})^3 \\ &= 466666666,7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 466666666,7 \text{ mm}^4}{1 + 0,623834008} \\ &= 2,96 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk sloof memanjang (30/50)

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3 \\ &= 1093750000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700\sqrt{30} \text{ MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 1093750000 \text{ mm}^4}{1 + 0,623834008} \\ &= 6,94 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk sloof melintang (25/40)

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 250 \text{ mm} \times (400 \text{ mm})^3 \\ &= 466666666,7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700\sqrt{30} \text{ MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

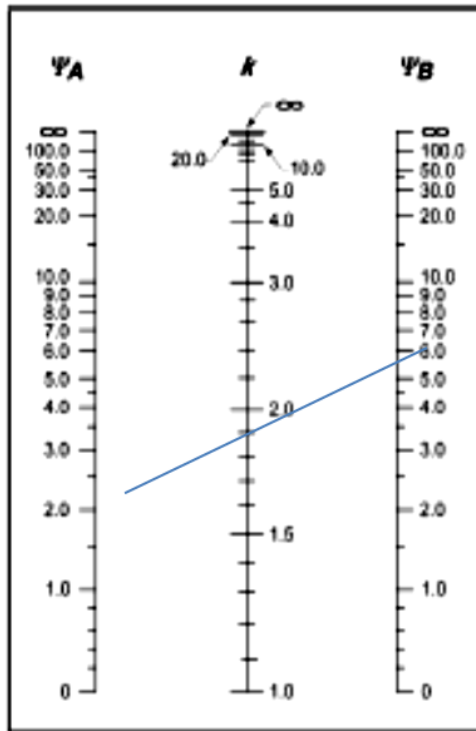
$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \text{ Nmm} \times 466666666,7 \text{ mm}^4}{1 + 0,623834008} \\ &= 2,96 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

- Kekakuan kolom atas

$$\begin{aligned}
 \Psi_A &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom atas}}}{2 \cdot (EI/L)_B + (EI/L)_B} \\
 &= \frac{\frac{4,79 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{3500 \text{ mm}} + \frac{4,79 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{4470 \text{ mm}}}{\frac{1,60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{6000 \text{ mm}} + \frac{1,60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{6000 \text{ mm}} + \frac{1,60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{4000 \text{ mm}} + \frac{2,69 \cdot 10^{12} \text{Nmm}^2}{2000 \text{ mm}}} \\
 &= 2,26102
 \end{aligned}$$

• Kekakuan kolom bawah

$$\begin{aligned}
 \Psi_B &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom bawah}}}{\Sigma(EI/L)_S} \\
 &= \frac{\frac{4,79 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{4470 \text{ mm}} + \frac{4,79 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{2100 \text{ mm}}}{\frac{6,94 \cdot 10^{12} \text{Nmm}^2}{6000 \text{ mm}} + \frac{6,94 \cdot 10^{12} \text{Nmm}^2}{6000 \text{ mm}} + \frac{6,94 \cdot 10^{12} \text{Nmm}^2}{4000 \text{ mm}} + \frac{2,69 \cdot 10^{12} \text{Nmm}^2}{2000 \text{ mm}}} \\
 &= 6,07247
 \end{aligned}$$



(b)
Rangka bergoyang

Gambar 4.53 Grafik alignment

Dari grafik alignment didapatkan faktor panjang efektif (K)
 $= 1,95$

Menghitung radius girasi, menurut **SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2**, radius girasi boleh diambil sebesar 0,3 dari dimensi. Maka,

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \\ &= 0,3 \times 450 \text{ mm} \\ &= 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kelangsingan kolom menurut (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10)

Bila

- $\frac{k \times Lu}{r} \leq 22$ maka pengaruh kelangsingan diabaikan (termasuk kolom pendek)
- $\frac{k \times Lu}{r} \geq 22$ Pengaruh kelangsingan diabaikan (termasuk kolom langsing)

Maka,

$$\frac{1,95 \times 4470 \text{ mm}}{180 \text{ mm}} \geq 22$$

48,43 \geq 22 maka kolom termasuk kolom langsing
(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.)

- **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X**

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000 akibat kombinasi gempa 1,2D+1,6L+1Ex+0,3Ey

$$M_{1s} = 17910728,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 157835608 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gempa output SAP 2000 kombinasi (1.2D+1.6L)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 60559043,92 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 66197434,2 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 4,79 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,95 \times 19980900 \text{ mm})^2} = 12131326,13 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 76 \times 12131326,13 \text{ N} = 921980785,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimana :

$\sum P_c$ = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat

Menghitung faktor pembesaran Momen menurut (*SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.4*)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{1231269,63}{0,75 \times 691485589,3 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,0018 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,002$ dalam perhitungan pembesaran momen.

Pembesaran momen Y :

Dari output SAP2000 diperoleh :

$$M_{1ns} = 60559043,92 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 66197434,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 17910728,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 157835608 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 60559043,92 \text{ Nmm} + (1,002 \times 17910728,5 \text{ Nmm}) \\ &= 78501721,42 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 66197434,2 \text{ Nmm} + (1,002 \times 157835608 \text{ Nmm}) \\ &= 224314588 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M_2 = 224314588 \text{ Nmm}$$

Maka Momen yang digunakan untuk menghitung kolom adalah $M_2 = 224314588 \text{ Nmm}$

- Penentuan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah

$$\mu_h = h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{ geser}) - \emptyset \text{ lentur}$$

$$\begin{aligned}
 &= 600 \text{ mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 8\text{mm}) - 19 \text{ mm} \\
 &= 485 \text{ mm} \\
 \mu &= \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{485 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} = 0,808
 \end{aligned}$$

Sumbu Vertikal

$$\begin{aligned}
 \frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{\phi b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{1231269,63 \text{ Nmm}}{600 \times 600 \times 0,65 \times 0,85 \times 30} \\
 &= 0,21
 \end{aligned}$$

Sumbu Horizontal

$$\begin{aligned}
 \frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} &= \frac{M_u}{\phi b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{224314588 \text{ Nmm}}{600\text{mm} \times (600\text{mm})^2 \times 0,65 \times 0,85 \times 30}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan D19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang
As perlu

$$n = \frac{\text{luas tulangan D16}}{3600 \text{ mm}^2}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{283,385 \text{ mm}^2}{3600 \text{ mm}^2} \\
 &= 12,70 \approx 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang}} &= A_s' \\
 &= n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \\
 &= 12 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \right) \\
 &= 3400,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 12D19

- Prosentase Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A_{s\text{pasang}}}{b \times h} \times 100\% \\
 &= \frac{3400,62 \text{ mm}^2}{600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}} \times 100\% \\
 &= 0,94\% < 8\% \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi balance

$$d = 600 - 40 - 8 - \frac{1}{2} 19 = 542,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 8 + \frac{1}{2} 19 = 57,5 \text{ mm}$$

$$d'' = 600 - 40 - 8 - \frac{1}{2} 19 - \frac{1}{2} 600 = 242,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 x_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} d \\
 &= \frac{600}{(600 + 400 \text{ MPa})} 542,5 \text{ mm} \\
 &= 325,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= 0,85 \cdot x_b \\
 &= 0,85 \cdot 325,5 \text{ mm} \\
 &= 276,675 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$\begin{aligned}
&= 3401 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\
&= 1273532,19 \text{ N} \\
T &= A_s' \cdot f_y \\
&= 3401 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
&= 1360248 \text{ N} \\
Cc' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times 325,5 \text{ mm} \\
&= 4233127,5 \text{ N} \\
Pb &= Cc' + Cs' - T \\
&= 4233127,5 \text{ N} + 1273532,19 \text{ N} - 1360248 \text{ N} \\
&= 4146411,69 \text{ N} \\
Mb &= Pb \times eb \\
&= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 4233127,5 \text{ N} \cdot (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm} - \\
&\quad \frac{276,675 \text{ mm}}{2}) + 4233127,5 \text{ N} \cdot (542,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm} \\
&\quad - 242,5 \text{ mm}) + 1360248 \cdot 242,5 \text{ mm} \\
&= 1323029671 \text{ Nmm} \\
e_b &= \frac{Mb}{Pb} \\
&= \frac{81323029671 \text{ Nmm}}{4146411,69 \text{ N}} \\
&= 319,0782222 \text{ m} \\
Mn &= \frac{224314588 \text{ Nmm}}{0,65} \\
&= 345099366,1 \text{ Nmm} \\
Pn &= \frac{1231269,63 \text{ N}}{0,65} \\
&= 1894260,969 \text{ N} \\
e_{\text{perlu}} &= \frac{Mn}{Pu} \\
&= \frac{345099366,1 \text{ Nmm}}{1894260,969 \text{ N}} \\
&= 182,1815324 \text{ mm} \\
e_{\text{min}} &= (15,24 + 0,03h) \\
&= (15,24 + 0,03 \cdot 600 \text{ mm}) \\
&= 33,24 \text{ mm}
\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Kontrol kondisi

Bila, $e_{min} < e_{perlu} < e_{balanced}$ (Kondisi Tekan Menentukan)

$e_{min} < e_{perlu} > e_{balanced}$ (Kondisi Tarik Menentukan)
maka,

$$e_{min} < e_{perlu} < e_b$$

$$33,24 \text{ mm} < 182,1815324 \text{ mm} < 319,0782222 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

$$e_{min} < e_{perlu} < e_b$$

$$33,24 \text{ mm} < 182,1815324 \text{ mm} < 319,0782222 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 3400,62 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\ &= 1273532,19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times X \\ &= 13005 \text{ N/mm} \cdot X \end{aligned}$$

Mencari nilai X :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85X = 0,54 \cdot 542,5 \text{ mm}$$

$$X = 344,6470588 \text{ mm}$$

(Desain Beton Bertulang **CHU-KIA WANG CHARLES**
G.SALMON hal. 423)

Maka,

$$\begin{aligned} C_c' &= 13005 \text{ N/mm} \cdot 344,6470588 \text{ mm} \\ &= 4482135 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s' \cdot f_s \\ &= A_s' \cdot \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\ &= 3400,62 \text{ mm}^2 \cdot \left(\left(\frac{542,5}{344,65} \right) - 1 \right) \cdot 600 \\ &= 1171324,667 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \quad (f_y < f_s)$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{542,5 \text{ mm}}{344,65 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 0,003 \\
&= 0,0017 \\
f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600 \\
&= \left(\frac{542,5 \text{ mm}}{344,65 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 600 \\
&= 344,444 \text{ MPa} \\
\varepsilon_y &= f_y / E_s \\
&= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\
&= 0,002 \\
\varepsilon_s &< \varepsilon_y \\
0,0017 &< 0,002 \text{ (OK)} \\
P &= C_c' + C_s' - T \\
&= 4482135 \text{ N} + 1273532,19 \text{ N} - 1171324,667 \text{ N} \\
&= 4584342,523 \text{ N} \\
P &> P_b \\
4584342,523 \text{ N} &> 4146411,69 \text{ N (OK)} \\
a &= 0,85 \cdot X \\
&= 0,85 \cdot 344,65 \text{ mm} = 292,95 \text{ mm} \\
M_{n_{\text{terpasang}}} &= C_c' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 4482135 \text{ N} \cdot \left(542,5 \text{ mm} - 242,5 \text{ mm} - \frac{292,95 \text{ mm}}{2} \right) + 1273532,19 \text{ N} \cdot (542,5 \text{ mm} - 242,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm}) + 1171324,667 \text{ N} \cdot 242,5 \text{ mm} \\
&= 2110192539 \text{ Nmm} \\
&\text{Cek syarat :} \\
M_{n_{\text{terpasang}}} &> M_n \\
2110192539 \text{ Nmm} &> 345099366,1 \text{ Nmm (memenuhi)}
\end{aligned}$$

- **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y**

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000 dengan kombinasi (1,2D+1,6L+1Ex+0,3Ey)

$$M_{1s} = 72508718,39 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 191914968,8 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi (1.2D+1.6L)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 7520391,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 38747062,27 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} = \frac{\pi^2 \times 4,79 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,95 \times 4470 \text{ mm})^2} = 12131326,13 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c = 76 \times 12131326,13 \text{ N} = 921980785,7 \text{ N}$$

Dimana :

ΣP_c = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.4)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{1231269,63 \text{ N}}{0,75 \times 921980785,7 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,0018 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,002$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen Y:

Dari output SAP2000 diperoleh :

$$M_{1ns} = 7520391,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 38747062,27 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 72508718,39 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 191914968,8 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 7520391,8 \text{ Nmm} + (1,002 \times 72508718,39 \text{ Nmm}) \\ &= 80158450,61 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 38747062,27 \text{ Nmm} + (1,002 \times 191914968,8 \text{ Nmm}) \end{aligned}$$

$$= 231004367,3 \text{ Nmm}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M_2 = 80158450,61 \text{ Nmm}$$

Maka Momen yang digunakan untuk menghitung kolom adalah $M_2 = 80158450,61 \text{ Nmm}$

- Penentuan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah

$$\begin{aligned}\mu h &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - \emptyset \text{lentur} \\ &= 600 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 8 \text{ mm}) - 19 \text{ mm} \\ &= 485 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{485 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} = 0,808$$

Sumbu Vertikal

$$\begin{aligned}\frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{\phi b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{1231269,63 \text{ Nmm}}{0,85 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 0,85 \times 30} \\ &= 0,21 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sumbu Horizontal

$$\begin{aligned}\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} &= \frac{M_u}{\phi b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{80158450,61 \text{ Nmm}}{0,85 \times 600 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^2 \times 0,85 \times 30} \\ &= 0,02 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan D19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang
As perlu

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{luas tulangan D19}}{3600 \text{ mm}^2} \\
 n &= \frac{283,385 \text{ mm}^2}{3600 \text{ mm}^2} \\
 &= 12,70 \approx 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang}} &= A_s' \\
 &= n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \\
 &= 12 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \right) \\
 &= 3400,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 12D19

- Prosentase Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A_s \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\% \\
 &= \frac{3400,62 \text{ mm}^2}{600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}} \times 100\% \\
 &= 0,94\% < 8\% \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi balance

$$\begin{aligned}
 d &= 600 - 40 - 8 - \frac{1}{2} 19 = 542,5 \text{ mm} \\
 d' &= 40 + 8 + \frac{1}{2} 19 = 57,5 \text{ mm} \\
 d'' &= 600 - 40 - 8 - \frac{1}{2} 19 - \frac{1}{2} 542,5 = 242,5 \text{ mm} \\
 x_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} d \\
 &= \frac{600}{(600 + 400 \text{ MPa})} 542,5 \text{ mm} \\
 &= 325,5 \text{ mm} \\
 a_b &= 0,85 \cdot x_b \\
 &= 0,85 \cdot 325,5 \text{ mm} \\
 &= 276,675 \text{ mm} \\
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 3401 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1273532,19 \text{ N} \\
T &= A_s' \cdot f_y \\
&= 3401 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
&= 1360248 \text{ N} \\
Cc' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times 325,5 \text{ mm} \\
&= 4233127,5 \text{ N} \\
Pb &= Cc' + Cs' - T \\
&= 4233127,5 \text{ N} + 1273532,19 \text{ N} - 1360248 \text{ N} \\
&= 4146411,69 \text{ N} \\
Mb &= Pb \times eb \\
&= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 4233127,5 \text{ N} \cdot \left(542,5 \text{ mm} - 242,5 \text{ mm} - \frac{276,675 \text{ mm}}{2} \right) + 1273532,19 \text{ N} \cdot (542,5 \text{ mm} - 242,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm}) + 1360248 \text{ N} \cdot 542,5 \text{ mm} \\
&= 1323029671 \text{ Nmm} \\
e_b &= \frac{Mb}{Pb} \\
&= \frac{1323029671 \text{ Nmm}}{4146411,69 \text{ N}} \\
&= 319,0782222 \text{ m} \\
Mn &= \frac{80158450,61 \text{ Nmm}}{0,65} \\
&= 123320693,2 \text{ Nmm} \\
Pn &= \frac{1231269,63 \text{ N}}{0,65} \\
&= 1894260,969 \text{ N} \\
e_{perlu} &= \frac{Mu}{Pn} \\
&= \frac{123320693,2 \text{ Nmm}}{1894260,969 \text{ N}} \\
&= 65,1022722 \text{ mm} \\
e_{min} &= (15,24 + 0,03h) \\
&= (15,24 + 0,03 \cdot 600 \text{ mm}) \\
&= 33,24 \text{ mm}
\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Kontrol kondisi

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$33,24 \text{ mm} < 65 \text{ mm} < 319,0782222 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$33,24 \text{ mm} < 182,1815324 \text{ mm} < 319,0782222 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 3400,62 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\ &= 1273532,19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times X \\ &= 13005 \text{ N/mm} \cdot X \end{aligned}$$

Mencari nilai X :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85X = 0,54 \cdot 542,5 \text{ mm}$$

$$X = 344,6470588 \text{ mm}$$

*(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES
G.SALMON hal. 423)*

Maka,

$$\begin{aligned} C_c' &= 13005 \text{ N/mm} \cdot 344,6470588 \text{ mm} \\ &= 4482135 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s' \cdot f_s \\ &= A_s' \cdot \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\ &= 3400,62 \text{ mm}^2 \cdot \left(\left(\frac{542,5}{344,65} \right) - 1 \right) \cdot 600 \\ &= 1171324,667 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \text{ (} f_y < f_s \text{)}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= \left(\frac{542,5 \text{ mm}}{344,65 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= 0,0017 \end{aligned}$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600$$

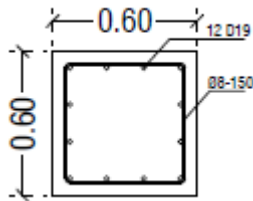
$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{542,5 \text{ mm}}{344,65 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 600 \\
&= 344,444 \text{ MPa} \\
\epsilon_y &= f_y / E_s \\
&= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\
&= 0,002 \\
\epsilon_s &< \epsilon_y \\
0,0017 &< 0,002 \text{ (OK)} \\
P &= Cc' + Cs' - T \\
&= 4482135 \text{ N} + 1273532,19 \text{ N} - 1171324,667 \text{ N} \\
&= 4584342,523 \text{ N} \\
P &> P_b \\
4584342,523 \text{ N} &> 4146411,69 \text{ N (OK)} \\
a &= 0,85 \cdot X \\
&= 0,85 \cdot 344,65 \text{ mm} = 292,95 \text{ mm} \\
M_{n_{\text{terpasang}}} &= Cc' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 4482135 \text{ N} \cdot \left(542,5 \text{ mm} - 242,5 \text{ mm} - \frac{292,95 \text{ mm}}{2} \right) + 1273532,19 \text{ N} \cdot (542,5 \text{ mm} - 242,5 \text{ mm} - 57,5 \text{ mm}) + 1171324,667 \text{ N} \cdot 242,5 \text{ mm} \\
&= 2110192539 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Cek syarat :

$$M_{n_{\text{terpasang}}} > M_n$$

$$2110192539 \text{ Nmm} > 345099366,1 \text{ Nmm (memenuhi)}$$

Dari peninjauan tulangan lentur sumbu X dan sumbu Y maka pemasangan tulangan kolom didasarkan pada penulangan lentur terbesar yaitu pada peninjauan sumbu Y. Sehingga pada perencanaan penulangan kolom bangunan gedung dipasang tulangan 12D19.



Gambar 4.56 Detail penulangan

- Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

$$S_{\max} = \frac{b - (2 t_{\text{selimut}}) - (2 \phi_{\text{geser}}) - (n \cdot \phi_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{600 - (2 \times 40) - (2 \times 8) - (4 \times 19)}{4 - 1}$$

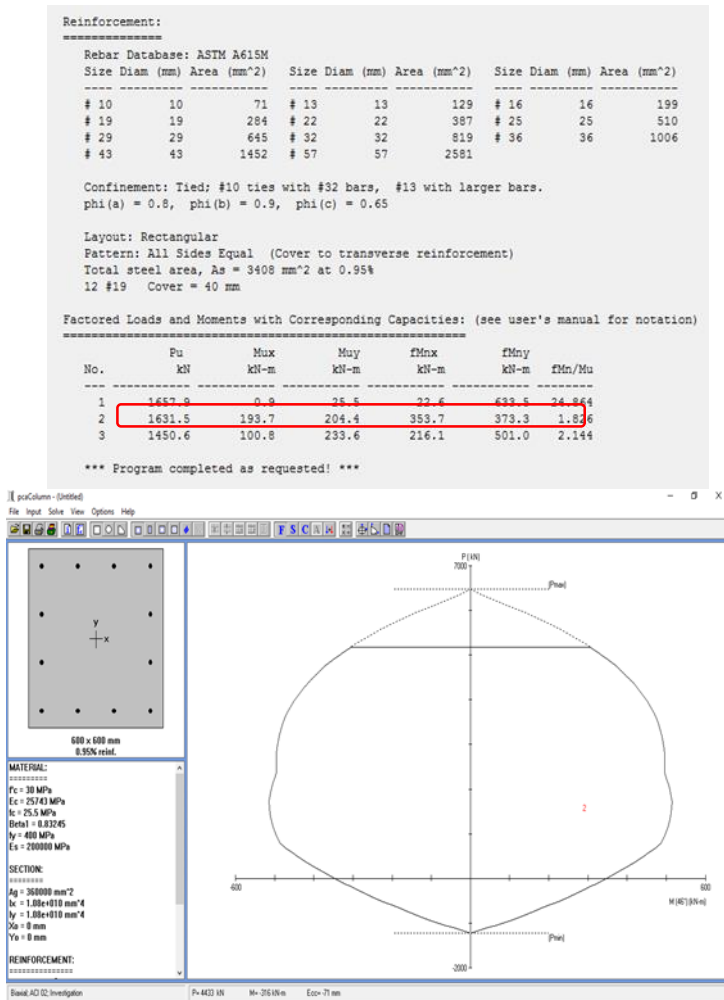
$$S_{\max} = 142,6666667 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

maka tulangan lentur disusun 1 lapis

Cek dengan program pcaColumn

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis pcaColumn, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

Mutu beton (f_c')	= 30 N/mm ²
Mutu baja tulangan (f_y)	= 400 N/mm ²
Modulus elastisitas	= 25742,9602 N/mm ²
β_1	= 0,85
Dimensi kolom	= 600mm x 600mm



Gambar 4.57 Hasil output pcaColoumn gaya lentur aksial

Berdasarkan output dari pcaColoumn

$$M_{ux} = 193,7 \text{ kNm} < M_{nx} = 353,7 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 204,4 \text{ kNm} < M_{ny} = 373,3 \text{ kNm}$$

Maka tulangan 12 D 19 memiliki presentase tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 12 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= 12 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= 3400,62 \end{aligned}$$

Cek persyaratan,

$$\begin{aligned} \% \text{Tulangan} &= \frac{\text{luasan tulangan terpasang}}{\text{luas bruto penampang kolom}} 100\% \\ &= \frac{3400,62}{600 \times 600} 100\% \\ &= 0,9 < 8\% \text{ MEMENUHI} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Data Perencanaan :

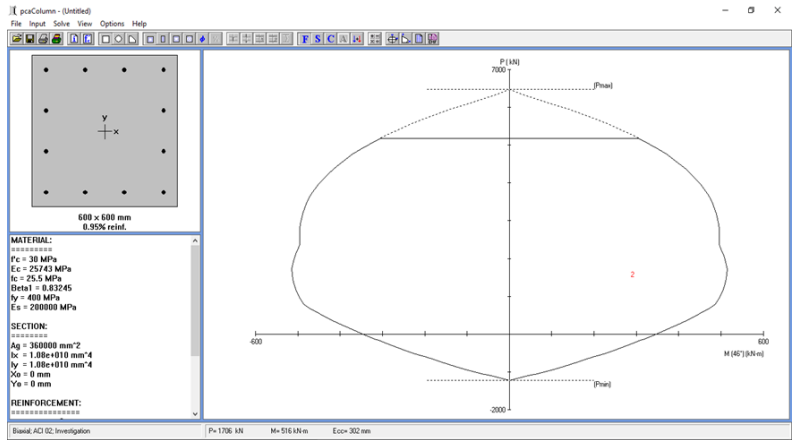
h kolom	: 600 mm
b kolom	: 600 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Tinggi kolom	: 4470 mm
Mutu beton (fc')	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur(fy)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser(fyv)	: 240 MPa
Diameter Tulangan lentur	: D19
Diameter Tulangan geser	: ø8
Faktor Reduksi	: 0,75

(SNI 03-2847-2002 Pasal 11.3.2.(3))

Berdasarkan hasil out put program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya

$$P_U (1,2D+1,6L) = 1231269,63 \text{ N}$$

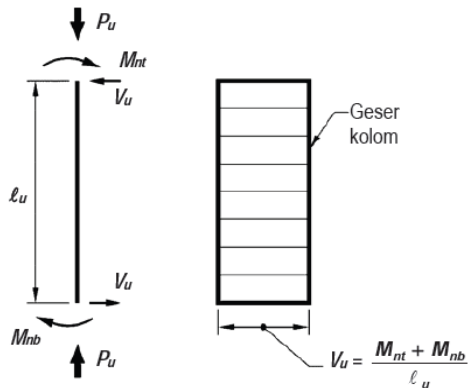
Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM diambil dari hasil pcacol sebagai berikut :



Gambar 4.58 Output Gaya pcaColoumn

$$M_{nt} = 516000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 516000000 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.59 Lintang rencana untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{\ell_u}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5)

Dimana :

Mnt = Momen nominal atas (top) kolom

Mnb = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$$Mnt = \frac{Mnt}{\phi} = \frac{516000000}{0,75} = 688000000 \text{ Nmm}$$

$$Mnb = \frac{Mnb}{\phi} = \frac{516000000}{0,75} = 688000000 \text{ Nmm}$$

$$Vu = \frac{Mnt + Mnb}{lu}$$

$$Vu = \frac{Mnt + Mnb}{lu} = \frac{688000000 + 688000000}{4470} = 307829,9776 \text{ N}$$

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c'):

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (*SNI 2847-2013*)

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$5,48 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- Kekuatan geser pada beton :

$$V_c = 0,17 \left[1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \left[1 + \frac{1231269,63 \text{ N}}{14 \times 600 \times 600 \text{ mm}^2} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 542,5 = 377125,13 \text{ N}$$

SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.2

$$\phi V_c = 0,75 \times 377125,13 \text{ N} = 282843,8512 \text{ N}$$

$$0,5 \times \emptyset V_c = 0,5 \times 282843,8512 \text{ N} = 141421,9256 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 600 \times 542,5$$

$$= 107415 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 600 \times 542,5$$

$$= 588336,2 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 600 \times 542,5$$

$$= 1176672,37 \text{ N}$$

- Cek kondisi penulangan geser :

Kondisi 1 :

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

$$307829,98 \text{ N} \geq 141421,9256 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 2 :

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tulangan Geser Minimum})$$

$$141421,9256 \text{ N} \leq 307829,98 \text{ N} \leq 282843,8512 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3 :

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow (\text{Perlu Geser Minimum})$$

$$282843,8512 \text{ N} \leq 307829,9776 \text{ N} \leq 363405,101 \text{ N}$$

(memenuhi)

Kondisi 4 :

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

$$363405,1012 \text{ N} \geq 307829,9776 \text{ N} \leq 724095,9901 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 5 :

$$\emptyset (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2.V_{smax}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

$$363405,1012N \geq 307829,9776N \leq 1165348,129N \text{ (tidak memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan *Kondisi 3*.

Direncanakan nilai V_s perlu nya sebagai berikut,

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{307829,9776 - 0,75 \times 377125,13}{0,75} \\ &= 33314,83518 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 8$ mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot n_{\text{kaki}} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 2 \\ &= 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &= \frac{A_v \cdot d \cdot f_{yv}}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{100,48 \text{ mm}^2 \cdot 542,5 \text{ mm} \cdot 240}{33314,83518 \text{ N}} \\ &= 392,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan *Kondisi 3*

$$S_{\text{maks}} \leq \frac{d}{2}$$

$$392,69 \text{ mm} \leq 271,25 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena tidak memenuhi maka digunakan tulangan geser $\emptyset 8 - 150 \text{ mm}$

Cek Persyaratan SPRMM Untuk Kekuatan Geser Kolom

- 1). Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2, Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o dari muka hubungan balok-kolom S_o . Spasi S_o tersebut tidak boleh melebihi :

- a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
 $S_o \leq 8 \times D \text{ lentur}$
 $150 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- b) 24 kali diameter sengkang ikat,
 $S_o \leq 24 \times \phi_{\text{sengkang}}$
 $150 \text{ mm} \leq 24 \times 8 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} \leq 192 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur,
 $S_o \leq 1/2 \times b_w$
 $150 \text{ mm} \leq 1/2 \times 600 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- d) $S_o \leq 300 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$ (Memenuhi)

Maka, dipakai S_o sebesar $\phi 8 - 150 \text{ mm}$.

Panjang L_o tidak boleh kurang dari pada nilai terbesar berikut ini :

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,

$$L_o > \frac{1}{6} \times (4470 - 600)$$

$$L_o > \frac{1}{6} \times 3870$$

$$L_o > 645 \text{ mm}$$
- b) Dimensi terbesar penampang kolom
 $L_o = 600 \text{ mm}$
- c) $L_o > 450 \text{ mm}$

Maka dipakai L_o sebesar 750 mm

Sehingga dipasang sengkang sebesar $\phi 8 - 150 \text{ mm}$ sejarak 750 mm dari muka hubungan balok kolom.

- 2). Senggang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o = 0,5 \times 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom.
- 3). Spasi senggang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$.
Maka pada daerah setelah sejarak $L_o = 750 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom tetap dipasang senggang sebesar $\varnothing 18 - 150 \text{ mm}$.

C. Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12.16.1**, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times 19 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

$$129,2 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 150 mm

D. Panjang penyaluran tulangan kolom

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.3**, perhitungan panjang penyaluran untuk tulangan D19 sebagai berikut,

$$l_d = \left(\frac{12 f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

Dimana,

α = faktor lokasi penulangan

β = Faktor Pelapis

λ = Faktor beton dengan agregat ringan

$$l_d = \left(\frac{12 \times 400 \text{ MPa} \times 1,3 \times 1,5 \times 1,3}{25 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}} \right) \cdot 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 1688,387647 \text{ mm} \approx 1700 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \text{ memenuhi}$$

Tabel 4.47 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tipe kolom	Penulangan	
Kolom I 60/60	Lentur	12D19
	Geser	Ø8 – 150
Kolom II 40/40	Lentur	8D19
	Geser	Ø8 – 150

4.4 Perhitungan Volume Penulangan

4.4.1 Perhitungan Volume Penulangan Balok

Perhitungan volume pembesian balok dibedakan menjadi 2 macam, tulangan utama dan sengkang, berikut ini adalah contoh perhitungannya:

- **Perhitungan Volume**

Perhitungan pembesian balok induk memanjang Lt.2

Lebar balok = 0,40 m

Tinggi balok = 0,60 m

D tulangan :

Tulangan atas = 19 mm = 0,019 m

Tulangan sengkang = 8 mm = 0,008 m

Tulangan bawah = 19 mm = 0,019 m

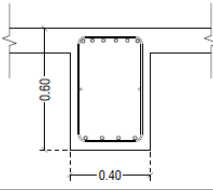
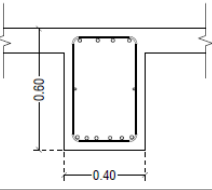
Tulangan tengah = 10 mm = 0,010 m

Cover = 40 mm = 0,040 m

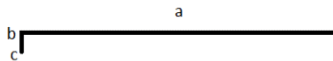
n tulangan atas = 6 buah

n tulangan bawah = 4 buah

n tulangan samping = 2 buah

Nama Struktur	Balok 40/60	
Kode Struktur	B1	
Posisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa Struktur (Skala 1 : 25)		
Ukuran (m)	0.40 x 0.60	0.40 x 0.60
Tulangan	-	-
Tulangan Atas	6 D19	4 D19
Tulangan Torsi	2 D13	2 D13
Tulangan Bawah	4 D19	6 D19
Beugel	Ø8-125	Ø8-150

Gambar 4.60 Detail balok

Tulangan utama atas (menerus)

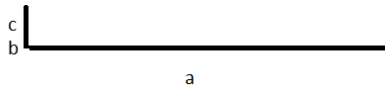
Gambar 4.61 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned}
 a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\
 &= 2.2 \text{ m} + (0,35 \text{ m}) \\
 &= 2.55 \text{ m} \\
 b &= 2,5 \times d \\
 &= 2,5 \times 0,019 \\
 &= 0,0475 \text{ m} \\
 c &= 12 \times d \\
 &= 12 \times 0,019 \text{ m} \\
 &= 0,228 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = a + b + c$$

$$\begin{aligned}
 &= 2.55 \text{ m} + 0,0475 \text{ m} + 0,228 \text{ m} \\
 &= 2.83 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 2.83 \text{ m} \times 4 \text{ buah} \\
 &= 11.302 \text{ m}
 \end{aligned}$$

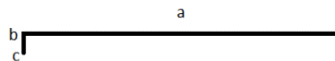
Tulangan utama bawah (menerus)



Gambar 4.62 Potongan Tulangan Balok Sisi bawah

$$\begin{aligned}
 a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\
 &= 2.2 \text{ m} + (0,35 \text{ m}) \\
 &= 2.55 \text{ m} \\
 b &= 2,5 \times d \\
 &= 2,5 \times 0,019 \\
 &= 0,0475 \text{ m} \\
 c &= 8 \times d \\
 &= 8 \times 0,019 \text{ m} \\
 &= 0,152 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= a + b + c \\
 &= 2,55 \text{ m} + 0,0475 \text{ m} + 0,152 \text{ m} \\
 &= 2.75 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 2,75 \text{ m} \times 4 \text{ buah} \\
 &= 11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

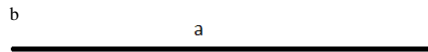
Tulangan tumpuan kiri



Gambar 4.63 Potongan Tulangan tekan Balok tumpuan kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 0,33 \text{ m} + 0,35 \text{ m} + 0,7 \text{ m} \\
 &= 1,38 \text{ m} \\
 b &= 2,5 \times d \\
 &= 2,5 \times 0,019 \\
 &= 0,0475 \text{ m} \\
 c &= 12 \times d \\
 &= 12 \times 0,019 \text{ m} \\
 &= 0,228 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= a + b + c \\
 &= 1,38 \text{ m} + 0,0475 \text{ m} + 0,228 \text{ m} \\
 &= 1,65 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 1,65 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 3,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

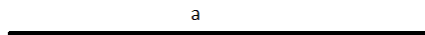
Tulangan tumpuan kanan



Gambar 4.64 Potongan Tulangan tarik tumpuan kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 0,63 \text{ m} + 0,7 \text{ m} \\
 &= 1,33 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= a \\
 &= 1,33 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 1,33 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 2,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan lapangan

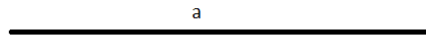


Gambar 4.65 Potongan Tulangan tarik tumpuan kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{2} L_{\text{balok}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 1.25 \text{ m} + (2 \times 0.7 \text{ m}) \\
 &= 2.65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a \\
 &= 2.65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

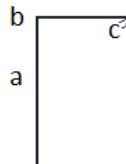
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 2.65 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 5.3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan torsi

Gambar 4.66 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned}
 L &= L_{\text{balok}} \\
 &= 2.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 2,5 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan sengkang

Gambar 4.67 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned} a_1 &= \text{lebar balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,40 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\ &= 0,32 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= \text{tinggi balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,60 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\ &= 0,52 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi r \\ &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi(4 \times 0,008) \\ &= 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

$$c = 0,075 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2a_1 + 2a_2 + 4b_1 + 2c$$

$$= 2 \times (0,32 \text{ m}) + 2 \times (0,52 \text{ m}) + 4 \times (0,05 \text{ m}) + 2 \times (0,075$$

m)

$$= 2,03 \text{ m}$$

$$\text{Banyak sengkang tumpuan} = \frac{2,5 \text{ m}}{0,125 \text{ m}} + 1 = 11 \text{ buah}$$

$$\text{Banyak sengkang lapangan} = \frac{2,5 \text{ m}}{0,15 \text{ m}} + 1 = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Total banyak sengkang} = 11 + 9 = 20$$

buah

$$\begin{aligned} \text{Panjang total} &= 2,03 \text{ m} \times 20 \text{ buah} \\ &= 40,60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan D8} &= 40,60 \text{ m} \\ &= 40,60 \text{ m} / 12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 3,38 \text{ lonjor} \approx 4 \text{ lonjor}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan D10} &= 5 \text{ m} \\ &= 5 \text{ m} / 12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0,42 \text{ lonjor} \approx 1 \text{ lonjor}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan D19} &= 11,3 \text{ m} + 11 \text{ m} + 3,3 \text{ m} + 2,65 \text{ m} \\ &+ 5,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 33,55/12 \text{ m}$$

$$= 2,79 \text{ lonjor} \approx 3 \text{ lonjor}$$

Dengan perhitungan seperti cara diatas di hitung pula untuk tulangan balok pada bentang selanjutnya dan diperoleh volume total tulangan balok induk yang dibutuhkan dalam 1 lantai sebagai berikut :

a. Balok Induk B1

Tabel 4.48 Volume total tulangan B1

ϕ	Tot Lnjr Bersih	Panjang Total (m)	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	84	1008	2,226	2243,81
8	118	1416	0,395	559,32
10	15	180	0,617	111,06
TOTAL				2914,19

a. Balok Sloof S1

Tabel 4.49 Volume total tulangan S1

ϕ	Tot Lnjr Bersih	Panjang Total (m)	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	61	732	2,226	1629,43
8	159	1908	0,395	753,66
10	15	180	0,617	111,06
TOTAL				2494,15

Dengan perhitungan seperti tabel diatas, maka didapat kebutuhan tulangan balok dalam 1 portal dengan balok tipikal:

Volume total = Jumlah lantai x Volume tulangan per lantai

$$= (1 \times 2494,15) + (5 \times 2914,19 \text{ kg})$$

$$= 17065,1 \text{ kg}$$

4.4.2 Perhitungan volume penulangan kolom

Pekerjaan pembesian kolom dibedakan menjadi 2 macam, tulangan utama dan sengkang, berikut ini adalah contoh perhitungannya:

- **Perhitungan Volume**

Perhitungan pembesian kolom K1

Lebar kolom = 0,60 m

Tinggi sloof = 0,60 m

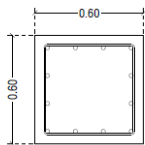
D tulangan :

Tulangan utama = 19 mm = 0,019 m

Tulangan sengkang = 8 mm = 0,008 m

Cover = 40 mm = 0,040 m

n tulangan utama = 12 buah

Nama Struktur	Kolom 60/60
Kode Struktur	K1
Sketsa Struktur (Skala 1 : 25)	
Ukuran (m)	0.60 x 0.60
Tulangan	12 D19
Tulangan Atas	-
Tulangan Torsi	-
Tulangan Bawah	-
Beugel	Ø8-150

Gambar 4.68 Detail Kolom

Tulangan utama atas (menerus)



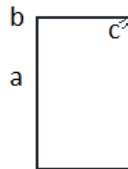
Gambar 4.69. Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

a = tinggi kolom
= 3,5 m

b = panjang sambungan
= 0,6 m

Panjang total = 3,5 m x 12 buah + 1,6 m x 12 buah
= 61,2 m

Tulangan sengkang



Gambar 4.70 Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

a = lebar kolom – (2 x cover)
= 0,6 m – (2 x 0,04)

$$\begin{aligned}
 &= 0,52 \text{ m} \\
 b &= 2,5 \times 0,019 \\
 &= 0,0475 \text{ m} \\
 c &= 0,075 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 4a + 4b + 2c \\
 &= 4 \times (0,52 \text{ m}) + 4 \times (0,0475 \text{ m}) \\
 &\quad + 2 \times (0,075 \text{ m}) \\
 &= 2,42 \text{ m} \\
 \text{Banyak sengkang} &= \frac{3,5 \text{ m}}{0,15 \text{ m}} + 1 = 25 \text{ buah} \\
 \text{Total banyak sengkang} &= 25 \text{ buah} \\
 \text{Panjang total} &= 2,42 \text{ m} \times 25 \text{ buah} \\
 &= 60,5 \text{ m} \\
 \text{Panjang tulangan D8} &= 60,5 \\
 &= 60,5 / 12 \text{ m} \\
 &= 5,04 \text{ lonjor} \approx 6 \text{ lonjor}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan D 19} &= 61,2 / 12 \text{ m} \\
 &= 5,1 \text{ lonjor} \approx 6 \text{ lonjor}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan seperti cara diatas di hitung pula untuk tulangan kolom pada bentang selanjutnya dan diperoleh volume total tulangan kolom yang dibutuhkan dalam 1 bentang sebagai berikut :

b. Kolom K1

Tabel 4.50 Volume total tulangan K1

ϕ	Tot Lnjr Bersih	Panjang Total (m)	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	43	516	2,226	2243,81
8	25	300	0,395	559,32
TOTAL				2803,13

a. Kolom K2

Tabel 4.51 Volume total tulangan K2

ϕ	Tot Lnjr Bersih	Panjang Total (m)	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	84	1008	2,226	1539,7
8	118	1416	0,395	192,5
TOTAL				2914,19

Detail keseluruhan perhitungan diatas dapat di lihat pada lampiran (perhitungan volume pembesian portal melintang dan memanjang)

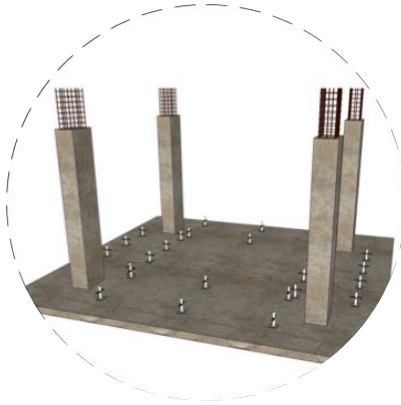
4.5 Metode Pelaksanaan

Pada pembangunan gedung rusunawa ini metode pelaksanaan pekerjaan balok yang digunakan adalah metode konvensional. Adapun tahapan pelaksanaan pekerjaan balok menggunakan metode konvensional adalah sebagai berikut,

4.5.1 Pekerjaan Bekisting

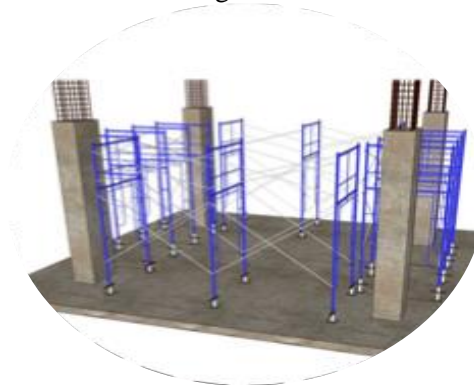
Tahapan pekerjaan bekisting sebagai berikut,

- Memasang jack base yang berfungsi sebagai penyangga utama untuk tetap menjaga mainframe berdiri dengan kokoh menahan beban yang dipikul. Penggunaan jack base sebagai pengatur ketinggian/elevasi scaffolding sesuai ketinggian yang telah direncanakan.



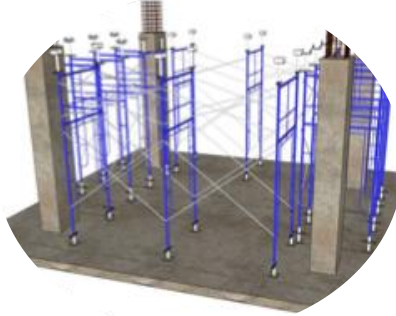
Gambar 4.71 Pasang base jack

- Memasang main frame sebagai struktur utama dari scaffolding itu sendiri.
- Memasang cross brace sebagai pengaku dan pengikat antar main frame untuk menjaga struktur scaffolding tetap kokoh dan berdiri tegak.



Gambar 4.72 Memasang main frame dan cross brace

- Memasang u-head jack sebagai penyangga balok suri-suri. Selain itu u-head juga berfungsi untuk mengatur ketinggian struktur balok yang akan direncanakan.



Gambar 4.73 Memasang u-head

- Memasang gelagar/balok suri yang dibentangkan sepanjang bentang balok dan ditahan oleh u-head.



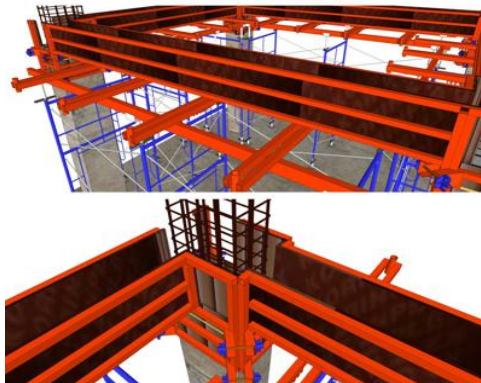
Gambar 4.74 Pemasangan gelagar/balok suri

- Dilakukan pemasangan bodem bekisting balok. Biasanya berupa plywood 12mm.



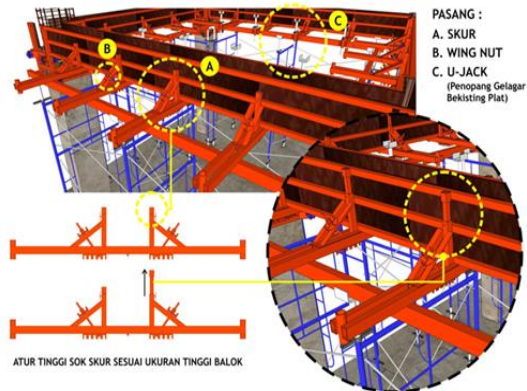
Gambar 4.75 Plywood 12mm

- Memasang dinding bekisting balok. Biasanya berupa plywood 12mm yang dipasang dibagian kiri dan kanan sebagai salah satu cetakan balok. Plywood ini ditahan menggunakan besi hollow agar tidak melengkung.



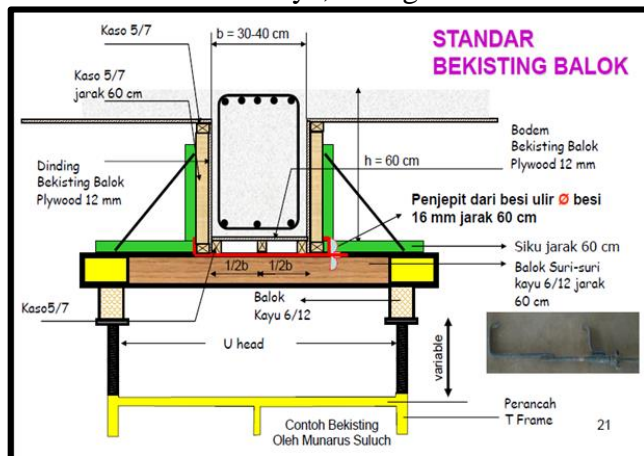
Gambar 4.76 Plywood dengan besi hollow

- Setelah terpasang plywoodnya, dipasanglah siku di bagian kiri dan kanan. Siku ini berfungsi menahan plywood agar tetap berdiri tegak pada saat proses pengecoran.



Gambar 4.77 Siku

Untuk lebih detailnya, lihat gambar 4.78

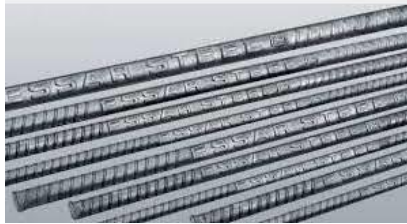


Gambar 4.78 Potongan melintang detail bekisting balok

4.5.2 Pekerjaan Pembesian

Setelah proses pekerjaan bekisting telah siap, maka tahapan selanjutnya adalah tahapan pekerjaan pemasangan tulangan adalah sebagai berikut,

- Persiapan bahan dan alat pemotongan dan tulangan sesuai gambar kerja yang diperoleh di los besi.



Gambar 4.79 Tulangan

- Pembengkokan tulangan berdasarkan data BBS (Bar Bending Schedule) dan panjang yang telah ditentukan.



Gambar 4.80 Bar bender dan bar cutter

- Perakitan tulangan berdasarkan dimensi untuk pemasangan tulangan balok.



Gambar 4.81 Perakitan tulangan

- Pemasangan tulangan di lokasi proyek



Gambar 4.82 Pemasangan Tulangan

- Pengecekan tulangan dan ikatan yang saling berhubungan.

4.5.3 Pekerjaan Pengecoran

Setelah proses pemasangan tulangan telah selesai, dilanjutkan dengan tahapan pekerjaan pengecoran sebagai berikut,

- Pastikan semua tulangan dan pekerjaan bekisting sudah dicek.
- Menentukan volume area siap cor.
- Pembersihan area yang akan di cor menggunakan mesin air compressor.



Gambar 4.83 Pembersihan area

- Pengujian test slump. Pengujian test slump ini bertujuan untuk mengetahui nilai kelecakan suatu beton segar.



Gambar 4.84 Test Slump

- Masukkan beton segar kedalam concrete pump.
- Tuang beton segar kedalam area siap cor.



Gambar 4.85 pengecoran

- Beton yang telah dituang kemudian dipadatkan dengan mesin vibrator.



Gambar 4.86 Pemadatan

4.5.4 Pekerjaan Perawatan

Untuk perawatan beton atau dikenal dengan nama curing, dilakukan dengan terpal atau karung yang dibahasi, atau bisa juga dengan cara disiram agar tidak terjadi retak. Kelembapan permukaan juga dapat menambah beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air.

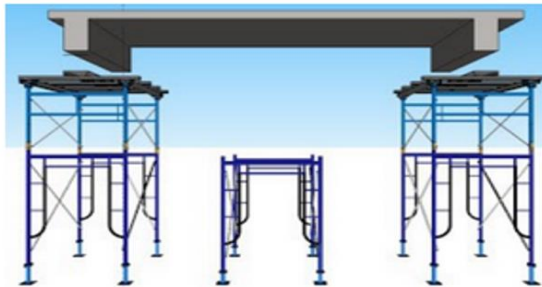


Gambar 4.87 Kegiatan curing

4.5.5 Pekerjaan Pembongkaran bekisting

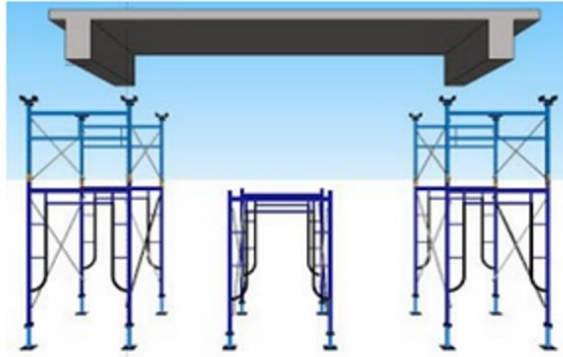
Tahapan pekerjaan pembongkaran adalah sebagai berikut,

- Siapkan peralatan yang digunakan untuk pembongkaran
- Bongkar hollow secara hati-hati untuk bagian pinggir area beton yang telah cukup umur.



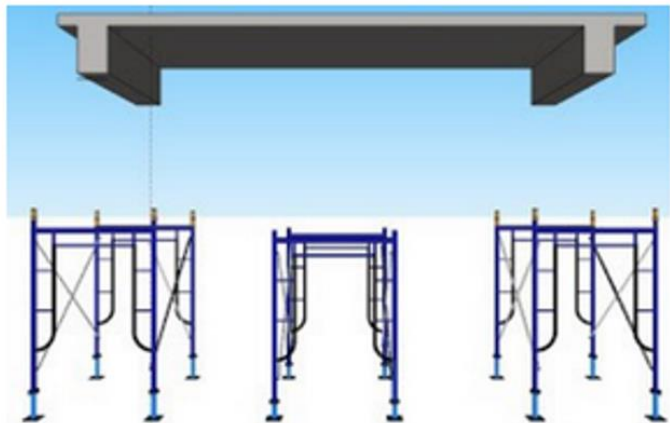
Gambar 4.88 Bongkar hollow pinggir

- Longgarkan u-head dan bongkar plywood bagian tengah secara hati-hati



Gambar 4.89 Longgarkan u-head dan bongkar hollow bawah

- Buka gelagar kemudian bongkar scaffolding



Gambar 4.90 Bongkar gelagar dan bongkar scaffolding

- Setelah proses pembongkaran bekisting, maka selanjutnya pengecekan hasil cor yang dilakukan oleh seorang Quality Control. Jika hasil cor kurang bagus, maka selanjutnya dilakukan perbaikan sesuai dengan instruksi oleh Quality Control berikan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan stuktur gedung beton bertulang didaerah zona 3 dapat dirancang dengan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dengan perhitungan gempa static ekivalen yang periode ulangnya 10 % dalam 50 tahun dimana bangunan gedung perkuliahan masuk dalam kategori resiko IV yang nilai $R = 5$.
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan merupakan hasil dari perhitungan Gedung Rusunawa Gunung Anyar Surabaya dengan menggunakan metode SRPMM. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Komponen pelat tangga

Tabel 5.1 Rekapitulasi pelat tangga

Tipe	Arah X		Susut Arah X		Arah Y		Susut Arah Y	
	Ø	s	Ø	s	Ø	s	Ø	s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Pelat Tangga	8	200	-	-	12	100	-	-
Pelat Bordes	12	100	8	200	12	100	-	-

b. Komponen pelat lantai

Tabel 5.2 Rekapitulasi pelat lantai

Tipe	Arah X		Susut Arah X		Arah Y		Susut Arah Y	
	Ø	S	Ø	S	Ø	s	Ø	s
	Mm	Mm	mm	Mm	Mm	mm	mm	mm
Lantai	12	200	8	200	12	200	8	200
Wiremesh	8	150	8	200	8	150	8	200
Atap	12	200	8	200	12	200	8	200

c. Komponen Balok

Tabel 5.3 Rekapitulasi balok

Tipe balok	Dimensi	Tulangan torsi	Tulangan Lentur				Tulangan geser	
	Cm		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
BI	40/60	-	6 D 19	4D 19	6D 19	4D19	Ø8-150	Ø8-150
BA	25/40	-	4 D 16	3 D 16	4D 16	3D16	Ø8-150	Ø8-150
B3	20/30	2Ø10	3 D 13	2 D 13	3D 13	2D13	Ø8-100	Ø8-150

d. Komponen Balok

Tabel 5.4 Rekapitulasi Penulangan Sloof

Tipe Sloof	Penulangan	
Sloof I 30/50 cm	Lentur	4D19 4D19
	Geser	Ø8 – 100
	Samping	2D10
Sloof II 25/40	Lentur	3D16 3D16
	Geser	Ø8 – 75

e. Komponen Kolom

Tabel 5.5 Rekapitulasi kolom

Tipe kolom	Penulangan	
Kolom I Lantai 1 60/60	Lentur	12 D 19
	Geser	Ø8 – 150
Kolom I Lantai 2 60/60	Lentur	12 D 19
	Geser	Ø8 – 150
Kolom I Lantai 3 60/60	Lentur	12 D 19
	Geser	Ø8 – 150
Kolom I Lantai 4 60/60	Lentur	12 D 19
	Geser	Ø8 – 150
	Lentur	12 D 19

Kolom I Lantai 5 60/60	Geser	ø8 – 150
Kolom II 40/40	Lentur	8 D 19
	Geser	ø8 – 150

f. Volume total tulangan B1 Memanjang

Tabel 5.6 Volume total tulangan B1 memanjang

ϕ	Total Lnjr Bersih 1 lantai	Total Lonjor 1 portal	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	84	420	2,226	11219,04
8	118	590	0,395	2796,60
10	15	75	0,617	555,30
TOTAL				14570,94

g. Volume total tulangan S1 memanjang

Tabel 5.7 Volume total tulangan S1 memanjang

ϕ	Total Lnjr Bersih 1 lantai	Total Lonjor 1 portal	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	61	61	2,226	1629,43
8	128	128	0,395	606,72
10	15	15	0,617	111,06
TOTAL				2347,21

h. Volume total tulangan Kolom K1 Memanjang

Tabel 5.8 Volume total tulangan Kolom K1 Memanjang

ϕ	Tot Lnjr Bersih	Panjang Total (m)	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	22	396	2,226	10577,95
8	26	468	0,395	2218,32
TOTAL				12776,27

i. Volume total tulangan Sloof S1 Melintang

Tabel 5.9 Volume total tulangan Sloof S1 Melintang

ϕ	Total Lnjr Bersih 1 lantai	Total Lonjor 1 portal	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	6	6	2,226	160,27
8	11	11	0,395	52,14
10	2	2	0,617	14,81
TOTAL				227,22

j. Volume total tulangan Sloof S2 Melintang

Tabel 5.10 Volume total tulangan Sloof S2 Melintang

ϕ	Total Lnjr Bersih 1 lantai	Total Lonjor 1 portal	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
16	2	2	1,578	37,87

8	3	3	0,395	14,22
10	0	0	0,617	0
TOTAL				52,09

k. Volume total tulangan Balok B1 Melintang

Tabel 5.11 Volume total tulangan Balok B1 Melintang

ϕ	Total Lnjr Bersih 1 lantai	Total Lonjor 1 portal	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	7	35	2,226	934,92
8	14	70	0,395	331,80
10	2	10	0,617	74,04
TOTAL				1340,76

1. Volume total tulangan Balok B2 Melintang

Tabel 5.12 Volume total tulangan Balok B2 Melintang

ϕ	Total Lnjr Bersih 1 lantai	Total Lonjor 1 portal	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
16	2	8	1,578	151,488
8	3	12	0,395	56,88
10	1	4	0,617	29,62
TOTAL				237,988

m. Volume total tulangan Kolom K1 Melintang

Tabel 5.13 Volume total tulangan Kolom K1 Melintang

ϕ	Tot Lnjr Bersih	Panjang Total (m)	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
--------	-----------------	-------------------	--------------	------------------

19	22	110	2,226	2938,32
8	26	130	0,395	616,20
TOTAL				3554,52

n. Volume total tulangan Kolom K1 Melintang

Tabel 5.14 Volume total tulangan Kolom K1 Melintang

ϕ	Tot Lnjr Bersih	Panjang Total (m)	Berat (kg/m)	Berat Total (Kg)
19	15	15	2,226	400,68
8	17	17	0,395	80,58
TOTAL				481,26

Rasio Kubikasi portal memanjang = 168,11 kg/m³

Rasio Kubikasi portal melintang = 165,49 kg/m³

3. Metode Pelaksanaan pada elemen balok didasarkan pada pelaksanaan dilapangan dengan cara konvensional
 - a. Pekerjaan Bekisting yang meliputi pemasangan jack base, main frame, cross brace, u-head, gelagar/balok suri, bodem bekisting balok, dinding bekisting balok, dan pemasangan siku.
 - b. Pekerjaan pembesian
 - c. Pekerjaan pengecoran
 - d. Perawatan/curing
 - e. Pembongkaran bekisting

5.2 Saran

1. Dalam pengumpulan data perencanaan perlu didapatkan dengan lengkap mulai gambar arsitek dan stuktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer perencanaan perhitungan.

2. Untuk proses perhitungan perencanaan menggunakan referensi yang sesuai dengan keilmuan yang dipelajari dari semester 1 sampai 6.
3. Penentuan preliminary desain stuktur primer harus mempertimbangan efesiensi dari ukuran yang digunakan seperti mempertimbangan kemudahan dalam pelaksanaan, kemampuan penampang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional, **“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)”**, Jakarta, 2013.
2. Badan Standarisasi Nasional, **“Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain(SNI 1727-2013)”** Jakarta, 2013.
3. Badan Standarisasi Nasional, **“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung(SNI 1726-2012)”**, Jakarta, 2012.
4. Husin,Nur Ahmad,ST.2009.”**Struktur Beton**”.Surabaya
5. Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. Peta Hazzard Gempa Indonesia 2010 sebagai Acuan Dasar Perencacnaan dan Perancangan Infrastruktur. Jakarta; Kementrian Pekerjaan Umum.
6. Laboratorium Beton dan Bangunan FTSP ITS. 1992. **“Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton”**.Surabaya

DRILLING LOG

Prepass Nit	= 2	Prepass 1	Type of Corrosion	= Pitting
Prepass Nit	= 10	Corrosion - Average	Time	= 24 hrs 20 min
Water Table	= 10 (Don't Matter)	Corrosion - 2, 5, 10 (not really average)	Corrosion	= Don't Matter

Through Networks

[illegible]

Copyright © 2006 by John Wiley & Sons, Inc.

Figure 1

1111



05

000000

— Make an Award



30 x 30



TECHNICAL DATA

ARAWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARAWANA	ISO	UNIT	WALL TILE ARAWANA	ISO
Size Tolerance	%	+/-0.5	+/-0.6	%	(-0.2 - (+0.52))	(-0.3 - (+0.8))
Thickness Tolerance	%	+/-4.0	+/-5.0	%	+/-4.0	+/-10
Rectangularity	%	+/-0.4	+/-0.6	%	+/-0.3	+/-0.3
Straightness of sides	%	+/-0.4	+/-0.5	%	+/-0.3	+/-0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
b. Edge Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
c. Warpage	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	8 - 9	6-10	%	>10	>10
Cracking Resistance		Required (5 bar)	Required (5 bar)		Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	MP/BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office

PT. ARRAWANA CITRAMULLA TM

Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24

Kembangan Selatan, Jakarta 11610

Jakarta 11610

Phn: +62 21 5830 2363

Fax: +62 21 5830 2361

E-mail: info@arawanacitra.com

Website: www.arawanacitra.com

Sole Distributor

PT. PRIMAGRAHA KERAMINDO

Sentra Niaga Puri Indah Blok T3 No. 16-17

Kembangan Selatan, Jakarta 11610

Phn: +62 21 5835 8118

Fax: +62 21 5835 8008

E-mail: info@pgk.arawanacitra.com

Factories

PLANT I :

PT. ARRAWANA CITRAMULLA (ACM)

Jl. Raya Pasar Kemis

Tangerang 15133, Banten

Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461

E-mail: info@pam.arawanacitra.com

PLANT II :

PT. ARRAWANA KERAAMIK (ANK)

Jl. Raya Gorda, Desa Kilan Kem 09

Cikande - Serang, Banten

Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364

E-mail: info@kls.arawanacitra.com

PLANT III :

PT. SENAR KARYA DUTA ABADI (SKDA)

Jl. Wringin Anom Raya Km. 33

Desa Wringin Anom, Kk. Gendik

Jawa Timur

Phn: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679

E-mail: info@kls.arawanacitra.com

Keunggulan

Tile Adhesive

1. Mencegah Keramik terangkat (Flexible)
2. Praktis dan Mudah dlm Aplikasi (cukup dicampur air)
3. Tipis - mengurangi beban bangunan (ketebalan : 3-5 mm)
4. Tanpa Pembongkaran Keramik Lama (tile on tile)
5. Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik
6. Aplikasi dapat langsung pada Beton (High Adhesive)

Pengisi Rongga NAT

F S NAT

- Pengisi Rongga NAT :
 - Keramik - Granit
 - Marmer - Batu Alam
- Bersifat WATERPROOF, cocok untuk :
 - Kolam Renang
 - Kamar Mandi
- Bersifat FLEXIBLE & Anti UV (sbg ruang gerak keramik) cocok untuk lantai dan Dinding



Daya Sebar : 6-8 m²/kg
Adukan = 1 kg : 400 cc air

Kemasan : Kantong 1kg

FK 101

- Pemasangan Keramik, Granit dan Marmer pada :
 - Lantai Keramik (Tile on Tile)
 - Lantai Beton/ Plesteran
- Pemasangan Glass Block
- Pembuatan ALUR MINIMALIS dgn SEROK GIGI



Daya Sebar : 4-6 kg/m²
Adukan = 1 kg : 250 cc air

Kemasan :
Kantong 5kg ; Zak 30kg

FK 111

- Pemasangan Keramik Granit dan Marmer pada :
 - Dinding (Anti Melorot)
 - Langit-langit
 - Balok Beton
- Pemasangan Profil GYPSUM
- Pembuatan ALUR MINIMALIS
- Pemasangan BATU ALAM



Daya Sebar : 4-6 kg/m²
Adukan = 1 kg : 250 cc air

Kemasan :
Kantong 5kg ; Zak 30kg

Perekat Keramik Lantai

Perekat Keramik Dinding

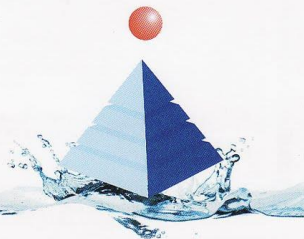
LEMKRA®

E-mail : Lemkra@gmail.com

GERMANY
T.E.C.H.N.O.L.O.G.Y

SPECIALIST

WATERPROOFING
&
TILE ADHESIVE



Water Proofing • Tile Adhesive • Repairing • Finishing & Coating

DIMENSI		SDR 11 (PN 16)	SDR 13,6 (PN 12,5)	SDR 17 (PN 10)	SDR 21 (PN 8)	SDR 26 (PN 6,3)
OD	ND	BERAT BEBAN	BERAT BEBAN	BERAT BEBAN	BERAT BEBAN	BERAT BEBAN
(mm)	(Inch)	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m
20	1/2"	0,11	-	-	-	-
25	3/4"	0,17	-	-	-	-
32	1"	0,27	-	-	-	-
40	1 1/4"	0,43	-	-	-	-
50	1 1/2"	0,67	0,55	0,46	-	-
63	2"	1,07	0,88	0,73	-	-
75	2 1/2"	1,49	1,23	1,03	1	-
90	3"	2,16	1,77	1,48	1,20	0,99
110	4"	3,20	2,66	2,20	1,80	1,48
125	5"	4,15	3,42	2,80	2,30	1,86
140		5,17	4,29	3,52	2,87	2,35
160	6"	6,79	5,60	4,59	3,77	3,08
180		8,58	7,10	5,81	4,74	3,84
200	8"	10,58	8,71	7,71	5,87	4,76
225		13,39	11,06	9,09	7,42	5,99
250	10"	16,47	13,63	11,14	9,08	7,42
280		20,64	17,08	14	11,46	9,25
315	12"	26,13	21,64	17,72	14,4	11,78
355	14"	33,16	27,44	22,55	18,28	14,89
400	16"	42,11	34,80	28,50	23,31	18,88
450	18"	53,32	44,08	36,12	29,49	23,88
500	20"	65,79	54,39	44,49	36,48	29,45
560	22"	82,43	68,23	55,9	45,53	36,92
630	24"	104,43	86,24	70,63	57,51	46,78

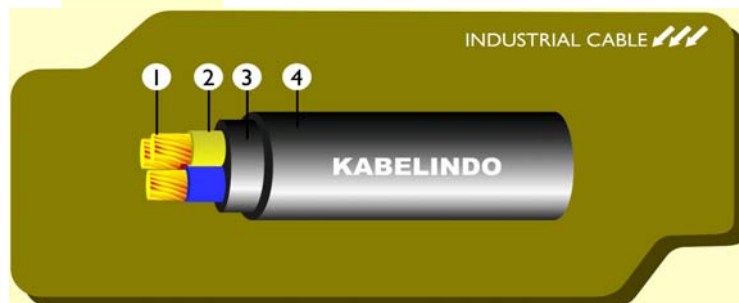
DATA SHEET



KABELINDO NYY CABLE

NY 0.6/1 kV

Copper Conductor, PVC Insulated, PVC Sheathed



1. Conductor : Annealed Copper wire
2. Insulation : Extruded PVC
3. Filler : Extruded PVC
4. Sheath : Extruded PVC

PVC LOW VOLTAGE CABLE

TECHNICAL DATA

Spec Specification : SPLN 43 - 1 : 1994,
IEC 60502 - 1 : 1997

APL Used for indoor in ducts installation or for laying in the ground where not sustain mechanical damage

Cu Conductor Shape : re = Circular
rm = Circular

DCV DC Test Voltage : 8,5 kV for 5 m

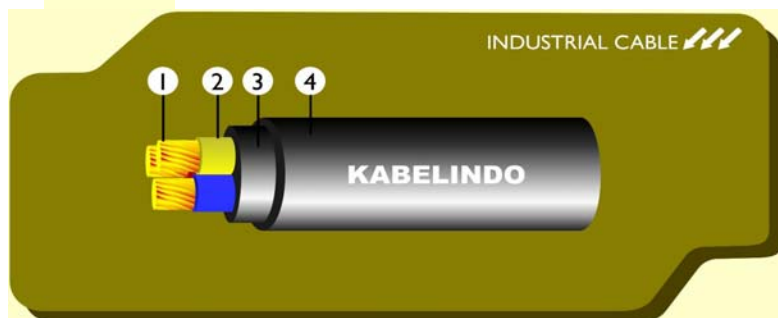
DIMENSIONAL DATA

1 CORE

SIZE	No.of wire and Shaped Of Conductor		Nominal Thickness		Approximately		Min. Bending Diameter	Std. Length per reel	
			Insulation	Outer Sheath	Overall Diameter	Net. Weight			
mm ²	pcs	shape	mm	mm	mm	kg/km	mm	m	
1.5	1	re	0.8	1.4	5.8	50	104	100 / Coil	
	7	rm			6	52	108		
2.5	1	re			6.2	63	112		
	7	rm			6.5	67	117		
4	1	re	1		7.1	87	128		
	7	rm			7.4	92	133		
6	1	re			7.6	110	137		
	7	rm			8	117	144		
10	7	rm			8.8	163	158		
16	7	rm			9.9	227	178		
25	7	rm	1.2		11.6	336	209	1000	
35	7	rm			12.7	437	229		
50	19	rm	1.4		14.3	562	257		
70	19	rm			16	768	288		
95	19	rm	1.6	18.5	1049	333			
120	37	rm		20	1280	360			
150	37	rm	1.8	1.6	22.2	1575	400		
185	37	rm	2	1.7	24.6	1959	443		
240	61	rm	2.2	1.8	27.7	2538	499		
300	61	rm	2.4	1.9	30.7	3157	553		
400	61	rm	2.6	2	34.2	3995	616	500	
500	61	rm	2.8	2.1	38.1	5075	686		
630	91	rm		2.3	42.4	6449	763		

ELECTRICAL DATA

SIZE	DC Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Conductor Short Circuit Current Capacity at :			DC Voltage Test
	Conductor (Max)	Insulation (Min)	In Ground	In Air	0.1 second	0.5 second	1.0 second	
mm ²	Ohm/km	M.ohm.km	A	A	kA	kA	kA	
1.5	12.1	50	33	26	0.67	0.30	0.21	8.5 kV for 5 minutes
2.5	7.41		45	35	1.12	0.50	0.36	
4	4.61		58	46	1.80	0.80	0.57	
6	3.08		74	58	2.69	1.20	0.85	
10	1.83		98	80	4.49	2.01	1.42	
16	1.15	40	129	105	7.18	3.21	2.27	
25	0.727		169	140	11.23	5.02	3.55	
35	0.524		210	175	15.72	7.03	4.97	
50	0.387	30	250	215	22.45	10.04	7.10	
70	0.268		310	270	31.43	14.06	9.94	
95	0.193		375	335	42.66	19.08	13.49	
120	0.153		425	390	53.89	24.10	17.04	
150	0.124	20	480	445	67.36	30.12	21.30	
185	0.0991		550	510	83.07	37.15	26.27	
240	0.0754		640	620	107.77	48.20	34.08	
300	0.0601		730	710	134.71	60.25	42.60	
400	0.0470		855	850	179.62	80.33	56.80	
500	0.0366		990	1000	224.52	100.41	71.00	
630	0.0283		1126	1195	282.90	126.52	89.46	

NYN 0.6/1 kV**Copper Conductor, PVC Insulated, PVC Sheathed**

1. Conductor : Annealed Copper wire
2. Insulation : Extruded PVC
3. Filler : Extruded PVC
4. Sheath : Extruded PVC

PVC LOW VOLTAGE CABLE**TECHNICAL DATA**

Spec Specification : SPLN 43 - 1 : 1994,
IEC 60502 - 1 : 1997

APL Used for indoor in ducts installation or for laying in the ground where not sustain mechanical damage

Cu Conductor Shape : re = Circular So
rm = Circular St

DCV DC Test Voltage : 8,5 kV for 5 minu

DIMENSIONAL DATA**2 CORES**

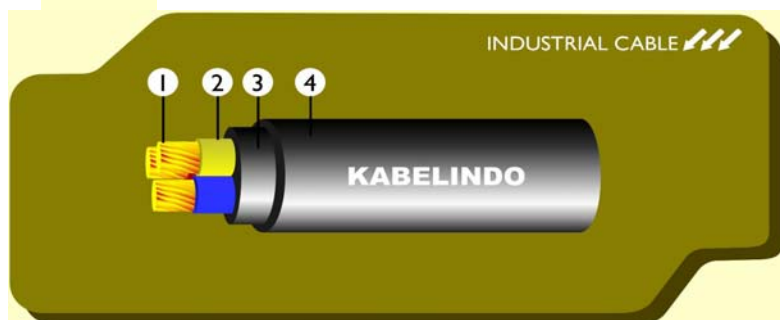
SIZE	No. of wire and Shaped Of Conductor		Nominal Thickness		Approximately		Min. Bending Diameter	Std. Length per reel
			Insulation	Outer Sheath	Overall Diameter	Net. Weight		
mm ²	pcs	shape	mm	mm	mm	kg/km	mm	m
1.5	1	re	0.8	1.8	10.8	159	194	1000
	7	rm			11.1	168	200	
2.5	1	re			11.6	196	209	
	7	rm			12.1	209	218	
4	1	re	1		13.3	269	239	
	7	rm			13.9	289	250	
6	1	re			14.3	333	257	
	7	rm			15.1	359	272	
10	7	rm	1.2		16.8	485	302	
16	7	rm			18.9	657	340	
25	7	rm		22.3	959	401		
35	7	rm		24.5	1224	441		
50	19	rm	1.4	1.9	27.7	1578	499	
70	19	rm			31.4	2131	565	
95	19	rm	1.6	2	36.4	2905	655	
120	37	rm		2.1	39.7	3531	715	
150	37	rm	1.8	2.2	43.7	4321	787	500
185	37	rm	2	2.4	48.6	5368	875	
240	61	rm	2.2	2.6	55.1	6964	992	300
300	61	rm	2.4	2.7	60.8	8605	1094	

ELECTRICAL DATA

SIZE	DC Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Conductor Short Circuit Current Capacity at :			DC Voltage Test
	Conductor (Max)	Insulation (Min)	In Ground	In Air	0.1 second	0.5 second	1.0 second	
mm ²	Ohm/km	M.ohm.km	A	A	kA	kA	kA	
1.5	12.1	50	27	21	0.67	0.30	0.21	8.5 kV for 5 minutes
2.5	7.41		36	29	1.12	0.50	0.36	
4	4.61		47	38	1.80	0.80	0.57	
6	3.08		59	48	2.69	1.20	0.85	
10	1.83		78	66	4.49	2.01	1.42	
16	1.15	40	102	90	7.18	3.21	2.27	
25	0.727		134	120	11.23	5.02	3.55	
35	0.524		160	150	15.72	7.03	4.97	
50	0.387	30	187	180	22.45	10.04	7.10	
70	0.268		230	230	31.43	14.06	9.94	
95	0.193		280	275	42.66	19.08	13.49	
120	0.153	20	320	320	53.89	24.10	17.04	
150	0.124		355	379	67.36	30.12	21.30	
185	0.0991		409	430	83.07	37.15	26.27	
240	0.0754		472	510	107.77	48.20	34.08	
300	0.0601		525	590	134.71	60.25	42.60	

NY Y 0.6/1 kV

Copper Conductor, PVC Insulated,PVC Sheathed



1. Conductor : Annealed Copper wire
2. Insulation : Extruded PVC
3. Filler : Extruded PVC
4. Sheath : Extruded PVC

PVC LOW VOLTAGE CABLE

TECHNICAL DATA

Spec Specification : SPLN 43 -1 : 1994,
IEC 60502 - 1 : 1997

APL Used for indoor in ducts installation or for laying in the ground where not sustain
mechanical damage

Cu Conductor Shape : re = Circular
rm = Circular

DCV DC Test Voltage : 8,5 kV for 5 m

DIMENSIONAL DATA

3 CORES

SIZE	No.of wire and Shaped Of Conductor		Nominal Thickness		Approximately		Min. Bending Diameter	Std. Length per reel
			Insulation	Outer Sheath	Overall Diameter	Net. Weight		
mm ²	pcs	shape	mm	mm	mm	kg/km	(mm)	(m)
1.5	1	re	0.8	1.8	11.2	182	202	1000
	7	rm			11.6	191	209	
2.5	1	re			12.1	229	218	
	7	rm			12.6	245	227	
4	1	re	1		14	319	252	
	7	rm			14.6	342	263	
6	1	re			15.1	401	272	
	7	rm			15.9	433	286	
10	7	rm			17.8	596	320	
16	7	rm			20	822	360	
25	7	rm	1.2		23.6	1213	425	
35	7	rm			26	1565	468	
50	19	sm	1.4		25.3	1898	455	
70	19	sm		2	28.6	2580	515	
95	19	sm		1.6	2.1	32.7	3485	
120	37	sm	2.2		35.5	4312	639	
150	37	sm	1.8	2.3	39.2	5300	706	500
185	37	sm	2	2.5	43.8	6478	788	
240	37	sm	2.2	2.7	49.3	8491	887	300
300	37	sm	2.4	3.1	55	10652	990	

ELECTRICAL DATA

SIZE	DC Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Conductor Short Circuit Current Capacity at :			DC Voltage Test
	Conductor (Max)	Insulation (Min)	In Ground	In Air	0.1 second	0.5 second	1.0 second	
mm ²	Ohm/km	M.ohm.km	A	A	kA	kA	kA	
1.5	12.1	50	24	18	0.67	0.30	0.21	8.5 kV for 5 minutes
2.5	7.41		32	25	1.12	0.50	0.36	
4	4.61		41	34	1.80	0.80	0.57	
6	3.08		52	44	2.69	1.20	0.85	
10	1.83		69	60	4.49	2.01	1.42	
16	1.15	40	89	80	7.18	3.21	2.27	
25	0.727		116	105	11.23	5.02	3.55	
35	0.524		138	130	15.72	7.03	4.97	
50	0.387	30	165	160	22.45	10.04	7.10	
70	0.268		205	200	31.43	14.06	9.94	
95	0.193		245	245	42.66	19.08	13.49	
120	0.153	20	285	285	53.89	24.10	17.04	
150	0.124		315	325	67.36	30.12	21.30	
185	0.0991		355	370	83.07	37.15	26.27	
240	0.0754		415	435	107.77	48.20	34.08	
300	0.0601		535	600	134.71	60.25	42.60	

NY Y 0.6/1 kV

Copper Conductor, PVC Insulated, PVC Sheated



1. Conductor : Annealed Copper wire
2. Insulation : Extruded PVC
3. Filler : Extruded PVC
4. Sheath : Extruded PVC

PVC LOW VOLTAGE CABLE

TECHNICAL DATA

Spec Specification : SPLN 43 -1 : 1994,
IEC 60502 - 1 : 1997

APL Used for indoor in ducts installation or for laying in the ground where not sustain mechanical damage

Cu Conductor Shape : re = Circu
rm = Circ

DCV DC Test Voltage : 8,5 kV for

DIMENSIONAL DATA

4 CORES

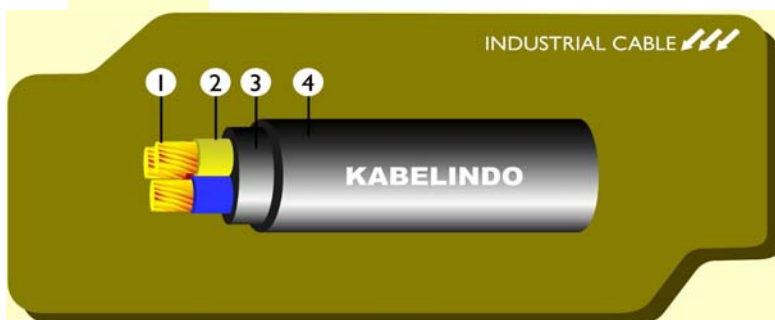
SIZE	No.of wire and Shaped Of Conductor		Nominal Thickness		Approximately		Min. Bending Diameter	Std. Length per reel
			Insulation	Outer Sheath	Overall Diameter	Net. Weight		
mm ²	pcs	shape	mm	mm	mm	kg/km	mm	m
1.5	1	re	0.8	1.8	12	213	216	1000
	7	rm			12.4	224	223	
2.5	1	re			13	273	234	
	7	rm			13.6	292	245	
4	1	re	1		15.1	385	272	
	7	rm			15.8	413	284	
6	1	re			16.3	490	293	
	7	rm			17.2	527	310	
10	7	rm			19.4	743	349	
16	7	rm			21.8	1035	392	
25	7	rm	1.2		25.9	1541	466	
35	7	rm			28.6	1999	515	
50	19	sm	1.4	1.9	30	2498	540	
70	19	sm		2.1	34.1	3374	614	
95	19	sm	1.6	2.2	38.7	4536	697	
120	37	sm		2.3	42.6	5676	767	
150	37	sm	1.8	2.5	46.3	6910	833	500
185	37	sm	2	2.7	52.2	8596	940	
240	37	sm	2.2	2.9	58.5	11087	1053	300
300	37	sm	2.4	3.1	65.4	13549	1177	

ELECTRICAL DATA

SIZE	DC Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Conductor Short Circuit Current Capacity at :			DC Voltage Test
	Conductor (Max)	Insulation (Min)	In Ground	In Air	0.1 second	0.5 second	1.0 second	
mm ²	Ohm/km	M.ohm.km	A	A	kA	kA	kA	
1.5	12.1	50	24	18	0.67	0.30	0.21	8.5 kV for 5 minutes
2.5	7.41		32	25	1.12	0.50	0.36	
4	4.61		41	34	1.80	0.80	0.57	
6	3.08		52	44	2.69	1.20	0.85	
10	1.83		69	60	4.49	2.01	1.42	
16	1.15	40	89	80	7.18	3.21	2.27	
25	0.727		116	105	11.23	5.02	3.55	
35	0.524		138	130	15.72	7.03	4.97	
50	0.387	30	165	160	22.45	10.04	7.10	
70	0.268		205	200	31.43	14.06	9.94	
95	0.193		245	245	42.66	19.08	13.49	
120	0.153	20	280	285	53.89	24.10	17.04	
150	0.124		315	325	67.36	30.12	21.30	
185	0.0991		355	370	83.07	37.15	26.27	
240	0.0754		415	435	107.77	48.20	34.08	
300	0.0601		465	500	134.71	60.25	42.60	

NYN 0.6/1 kV

Copper Conductor, PVC Insulated,PVC Sheathed



1. Conductor : Annealed Copper wire
2. Insulation : Extruded PVC
3. Filler : Extruded PVC
4. Sheath : Extruded PVC

PVC LOW VOLTAGE CABLE

TECHNICAL DATA

Spec Specification : SPLN 43 -1 : 1994,
IEC 60502 - 1 : 1997

APL Used for indoor in ducts installation or for laying in the ground where not sustain mechanical damage

Cu Conductor Shape : re = Circular
rm = Circular

DCV DC Test Voltage : 8,5 kV for 5

DIMENSIONAL DATA

5 CORES

SIZE	No.of wire and Shaped Of Conductor		Nominal Thickness		Approximately		Min. Bending Diameter	Std. Length per reel
			Insulation	Outer Sheath	Overall Diameter	Net. Weight		
mm ²	pcs	shape	mm	mm	mm	kg/km	mm	m
1.5	1	re	0.8	1.8	12.8	255	230	1000
	7	rm			13.3	268	239	
2.5	1	re			14	329	252	
	7	rm			14.6	352	263	
4	1	re	1		16.3	470	293	
	7	rm			17.1	505	308	
6	1	re			17.7	602	319	
	7	rm			18.6	650	335	
10	7	rm	1.2		21	912	378	
16	7	rm			23.8	1279	428	
25	7	rm			28.3	1914	509	
35	7	rm			31.5	2505	567	
50	19	rm	1.4	1.9	36.4	3273	655	

ELECTRICAL DATA

SIZE	DC Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Conductor Short Circuit Current Capacity at :			DC Voltage Test
	Conductor (Max)	Insulation (Min)	In Ground	In Air	0.1 second	0.5 second	1.0 second	
mm ²	Ohm/km	M.ohm.km	A	A	kA	kA	kA	
1.5	12.1	50	24	18	0.67	0.30	0.21	8.5 kV for 5 minutes
2.5	7.41		32	25	1.12	0.50	0.36	
4	4.61		41	34	1.80	0.80	0.57	
6	3.08		52	44	2.69	1.20	0.85	
10	1.83		69	60	4.49	2.01	1.42	
16	1.15	40	89	80	7.18	3.21	2.27	
25	0.727		116	105	11.23	5.02	3.55	
35	0.524		138	130	15.72	7.03	4.97	
50	0.387	30	165	160	22.45	10.04	7.10	

CERTIFICATE & TEST

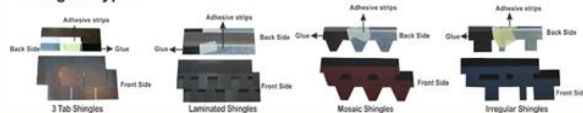


Standard:

1. National China Standard GB/T20474-2006
2. USA Testing ASTM 3462 (for laminated shingles)
3. USA Testing ASTM D3161 Wind (for laminated shingles)
4. USA Testing ASTM Class A Fireproof
5. USA Testing UL 790 Class A Fire
6. Europe CE Certificate
7. SGS Certificate
8. ISO 9001:2008 : Quality Management



Shingles Type :



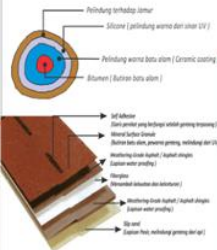
KEUNGGULAN MENGGUNAKAN ASPHALT SHINGLES :

1. Memiliki bobot yang ringan, 10,5 kg/M², sehingga memungkinkan untuk struktur atap yang ringan dan ekonomis
2. Tahan terhadap cuaca yang ekstrim di Indonesia, tahan terhadap angin (97 km/jam).
3. Fleksible, dapat mengikuti segala bentuk atap dengan kemiringan 22,5° - 90°
4. Memiliki banyak pilihan warna untuk melengkapi keindahan penampilan atap.
5. Bersifat water proofing, dikarenakan terdapat lapisan fiberglass dan aspal.
6. Fleksible, sehingga dapat mengikuti bentuk atap yang diinginkan.

* untuk kemiringan kurang dari 20° dapat juga dipergunakan dengan penangkinan khusus (dapat di konsultasikan)

ALASAN MEMILIH "ARCHI" + " ASPHALT SHINGLES :

1. Menghemat Tenaga dan waktu Dengan instalasi yang mudah membuat Shingles dapat dengan mudah terpasang, karena terdapat perekat pada sisi belakang.
2. Permukaan lem besar yang merata.
3. Menahan Tiupan Angin yang Kencang Dengan adanya lem perekat di bagian belakang dengan bidang yang besar, dapat menahan curah hujan yang tinggi
4. Sebagai Waterproofing yang baik. Karena pada bagian belakang terdapat perekat dengan bidang yang besar, dapat menahan curah hujan yang tinggi
5. Tahan Lama Dengan adanya perekat disisi belakang yang mempunyai bidang yang besar, membuat Shingles tahan akan sobekan.



PILIHAN WARNA :



warna cat dasar beton tidak sama dengan warna asli

SPEKIFIKASI :

DESCRIPTION	3 TAB SHINGLES / SINGLE LAYER	LAMINATED SHINGLES / DOUBLE LAYER	IRREGULAR SHAPE	MOZAIC SHINGLES
Length	1000 mm ± 3 mm	1000 mm ± 3 mm	1000 mm ± 3 mm	1000 mm ± 3 mm
Width	333 mm +5 mm -3 mm	333 mm +5 mm -3 mm	320 mm +5 mm -3 mm	320 mm +5 mm -3 mm
Packing	21 pcs/bdl	16 pcs/bdl	21 pcs/bdl	21 pcs/bdl
Thickness	≥ 2,6 mm	≥ mm	≥ 2,6 mm	≥ 2,6 mm
1 Bundles 1 m ²	3 m ² 7 pcs	2,32 m ² 7 pcs	3 m ² 7 pcs	3 m ² 7 pcs

NOVEMBER 2014



Kalsi
Papan Bangunan Bebas Asbes



100% BEBAS ASBES
CHRYCOTILE, AMOSITE, CHIROCIDOLITE
DAN JENIS ASBES LAINNYA


 etex company

Plafon

Age (years)
700
600
550
550

Plafon

300

Plafon

Age (years)	Mean systolic blood pressure (mmHg)
15-24	116
25-34	121
35-44	126
45-54	131
55-64	136
65-74	141
75-84	146
85-94	151
95-104	156

Plafon

600

Plafon

550
800
900
650

Plafon

6,800

2,050

*ukuran yang diproduksi berdasarkan pesanan

KalsiPart 8® Partis

Partisi

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1220	2440	34.8	164,850
8.0	1200	2400	33.6	158,600
* 8.0	1200	2700	37.8	178,400
* 8.0	1200	3000	42.1	198,150

Partisi

	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
*	8.0	1220	2440	34.8	169,000
*	8.0	1200	2400	33.6	162,650
	8.0	1200	2700	37.8	183,000
*	8.0	1200	3000	42.1	202,100

Partisi

	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
*	8.0	1220	2440	34.8	170,650
*	8.0	1200	2400	33.6	164,200
	8.0	1200	2700	37.8	184,700
	8.0	1200	3000	42.1	204,100

Dinding luar

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
10	1220	2440	43.5	208,000
10	1200	2400	42.1	200,100
* 10	1200	2700	47.3	225,100
* 10	1200	3000	52.6	250,100

Dinding luar

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1220	2440	52.2	251,850
12	1200	2400	50.5	242,450
* 12	1200	2700	56.8	272,650
* 12	1200	3000	63.1	303,150

Papan aplikasi Basah



Lantai

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
20	1200	2400	84.11	553,000

Siding plank & listplank

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
* 8.0	200	2400	5.6	31,500
8.0	200	3000	7.0	39,350
8.0	300	2400	8.4	47,150
8.0	300	3000	10.5	58,950

Siding plank & listplank

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	200	2400	5.6	33,000
8.0	200	3000	7.0	41,350
8.0	300	3000	10.5	62,000

Siding plank & listplank

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
* 12	200	2400	8.4	46,450
* 12	200	3000	10.5	57,900
* 12	300	2400	12.6	69,350
* 12	300	3000	15.8	86,700

Produk pelengkap untuk pengikatan & penyelesaian akhir papan **Kalsi***

AKSESORIS BARU		Ukuran standar	Unit	Harga (Rupiah)
           	KalsiFuring MCB® Profil universal untuk main runner berkualitas cross runner	0,4x45x19x4000 milimeter (mm)	batang	27,650
	KalsiFuring MJC® Joint untuk main runner 6 cross runner	50x35x15 milimeter (mm)	buah	2,200
	KalsiFuring AMP® Main edge untuk Hanger L wall angle	0,55x26x20x4000 milimeter (mm)	batang	14,850
	KalsiFuring LB® L-Bracket untuk penggantung	40x30x20 milimeter (mm)	buah	1,850
	KalsiFrame MT-51® Metal track lebar 51 mm	0,45x51x25x3000 milimeter (mm)	batang	26,750
	KalsiFrame MS-51® Metal Stud lebar 51 mm	0,45x51x35x3000 milimeter (mm)	batang	35,000
	KalsiNali 3-4.5® Paku spiral untuk papan ketebalan 3-4,5 mm	#6 x 1 inch	3000 buah/ dos**	82,500
	KalsiScrew CE® Sekrup dengan panjang 25 mm, untuk papan ketebalan 8 mm	#6 x 1 inch	1800 buah/ dos**	118,800
KalsiScrew PC® Sekrup dengan panjang 25 mm, untuk papan ketebalan 6-12mm	#6 x 1 inch	1800 buah/ dos**	336,600	
KalsiScrew FL® Sekrup dengan panjang 25 mm, untuk papan ketebalan 20 mm	#8 x 1 1/4 inch	1000 buah/ dos**	286,000	
KalsiTape F8-50® Lembaran pelapisan aplikasi plafon & partisi	50mmx50mm	Roll	28,750	
KalsiKompon IN-F® Kompon penyambung untuk aplikasi dalam ruangan	20 Kilogram (Kg)	Zak	75,800	

*ukuran yang diproduksi berdasarkan pesanan **pembelian aksesoris NAIL & SCREW per kalpatan 10 dos



Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm)	: 600
Tinggi, H (mm)	: 200 ; 400
Tebal, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ)	: 530 kg/m ³
Berat jenis normal, (ρ)	: 600 kg/m ³
Kuat tekan, (σ)	: ≥ 4.0 N/m ²
Konduktifitas termis, (λ)	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	11.1,11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm)	: 600
Height, H (mm)	: 200 ; 400
Thick, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, (ρ)	: 530 kg/m ³
Field Density, (ρ)	: 600 kg/m ³
Compressive Strength, (σ)	: ≥ 4.0 N/m ²
Thermal Conductivity, (λ)	: 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	11.1,11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



DINDING



◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata, ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak $\pm 2-2,5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg



Acian dinding dan plester

◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



30kg



◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



30kg



Acian dinding plester dan beton

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



30kg



◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$

20kg



◆ Thinbed 101 TB101

- Perak bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$ (40 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Cepat dalam pengejaannya



40kg

Khusus
Bata Ringan

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak $\pm 4,5-6,5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm

25kg
40kg



◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

Tabel berat pipa stainless ornamen(kg)

Ø(in)	tebal(mm)				
	0,8	1	1,2	1,5	2
0,5	1,42634352	1,7529642	2,0675988	2,5170768	3,2062764
0,625	1,80690156	2,22866175	2,63843586	3,230623125	4,1576715
0,75	2,1874596	2,7043593	3,20927292	3,94416945	5,1090666
1	2,94857568	3,6557544	4,35094704	5,3712621	7,0118568
1,25	3,70969176	4,6071495	5,49262116	6,79835475	8,914647
1,5	4,47080784	5,5585446	6,63429528	8,2254474	10,8174372
2	5,99304	7,4613348	8,91764352	11,0796327	14,6230176
2,5	7,51527216	9,364125	11,20099176	13,933818	18,428598
3	9,03750432	11,2669152	13,48434	16,7880033	22,2341784
4	12,08196864	15,0724956	18,05103648	22,4963739	29,8453392

**CAKRA MITRA SINERGI**

General Trading | Contractor

Hotline :
0811 327 900
0812 3470 7128
BBM : 2B018422

Perum. Puri Indah Blok E No.2 Sidoarjo Jatim 64123
Telp. (031) 807.7354 - 0811.327.900 Fax. : (031) 807.7354
Email : cakramitrasinergi@gmail.com | cakramitrasinergi@yahoo.co.id
Web : cakramitrasinergi.blogspot.com | www.cakramitrasinergi.com

<https://facebook.com/cakra.mitra.sinergi>

https://www.twitter.com/cms_trading

**RECOMMENDED SELLER**

Mudah
Aman
Terpercaya

PASTIKAN ANDA MENDAPAT HARGA & LAYANAN TERBAIK !!!

WIRE MESH

Type	Ukuran (m)	Satuan	Diameter (mm)	Berat (kg)
M-4	2.1 x 5.40	Lembar	4,00	15,45
	2.1 x 5.40	Roll	4,00	154,50
M-5 S	2.1 x 5.40	Lembar	4,50	19,55
	2.1 x 5.40	Roll	4,50	195,50
M-5	2.1 x 5.40	Lembar	5,00	24,14
	2.1 x 5.40	Roll	5,00	241,40
M-6 S	2.1 x 5.40	Lembar	5,50	29,21
	2.1 x 5.40	Roll	5,50	292,10
M-6	2.1 x 5.40	Lembar	6,00	34,76
	2.1 x 5.40	Roll	6,00	347,60
M-7 S	2.1 x 5.40	Lembar	6,50	40,79
M-7	2.1 x 5.40	Lembar	7,00	47,31
M-8 S	2.1 x 5.40	Lembar	7,50	54,31
M-8	2.1 x 5.40	Lembar	8,00	61,79
M-9	2.1 x 5.40	Lembar	9,00	78,21
M-10 S	2.1 x 5.40	Lembar	9,50	87,14
M-10	2.1 x 5.40	Lembar	10,00	96,55



Note :



- Harga Sewaktu-waktu dapat berubah
- Harga Loco Pabrik Surabaya atau Jakarta

UNTUK DISKON / POTONGAN HARGA, HUBUNGI:**HP: 0812.3470.7128 Pin BBM: 2B018422****PRODUK LAINNYA, BISA LIHAT WEBSITE:****<http://hargaprodukbangunan.blogspot.com>****053-057**

SLOOF S1 MEMANJANG

NO.	SKETS			Σ potongan	Panjang	total pig	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa
MEMANJANG											
as 2 - (A-B)											
1	Balok S1 uk. 30/50	KOLOM	0.6	0.6							
	Tulangan Utama	L BALOK	2.500								
	4 D 19		0.35	2.200	19	4	2.83	11.30	2.22	25.14	1
											1
	0.2755			2.200	19	4	2.75	11.00	2.22	24.46	1
	0.1995										1
	tulangan tumpuan kiri										
			0.35	0.33	19	0	1.65	-	2.22	0.00	1
											0
	0.2755										
	tulangan tumpuan kanan				19	0	1.33	-	2.22	0.00	1
			0.70	0.63							0
	tulangan lapangan										
			1.25	0.70	19	0	2.65	-	2.22	0.00	1
											0
	Torsi										
			2.50		10	2	2.50	5.00	0.62	3.08	1
	senggang										1
			0.22		8	28	1.63	45.64	0.39	18.00	1
			0.42								4
											2.36

as 2 - (C-D)										
3	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6							
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	tulangan tumpuan kiri									
	1.50 0.70	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0	0.00
	tulangan tumpuan kanan									
	0.70 1.50	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0	0.00
	tulangan lapangan									
	3.00 0.70	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0	0.00
	Torsi									
	6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1	0.00
	senggang									
	0.22 0.42	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9	6.94
		tump= 31 lap = 31								
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3	Ln= 6.0								
as 2 - (D-E)										
4	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6							
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	tulangan tumpuan kiri									
	1.50 0.70	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0	0.00
	tulangan tumpuan kanan									
	0.70 1.50	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0	0.00
	tulangan lapangan									
	3.00 0.70	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0	0.00
	Torsi									
	6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1	0.00
	senggang									
	0.22 0.42	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9	6.94
		tump= 31 lap = 31								
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3	Ln= 6.0								

as 2 - (E-F)									
5	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	1.50 0.70	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	0.70 1.50	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	3.00 0.70	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	0.22 0.42	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
									
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								
	Ln= 6.0								
as 2 - (F-G)									
6	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	1.50 0.70	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	0.70 1.50	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	3.00 0.70	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	0.22 0.42	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
									
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								
	Ln= 6.0								

as 2 - (G-H)									
7	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div>1.50 0.70</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div>0.70 1.50</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div>3.00 0.70</div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div>6.00</div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div>0.22 0.42</div> <div><div>0.05 0.075</div>tump= lap =</div> <div>31 31</div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								
as 2 - (H-I)									
8	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div>1.50 0.70</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div>0.70 1.50</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div>3.00 0.70</div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div>6.00</div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div>0.22 0.42</div> <div><div>0.05 0.075</div>tump= lap =</div> <div>31 31</div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								

as 2 - (I-J)									
9	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div>1.50 0.70</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div>0.70 1.50</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div>3.00 0.70</div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div>6.00</div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div>0.22 0.42</div> <div><div>0.05 0.075</div>tump= lap =</div> <div>31 31</div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								
as 2 - (J-K)									
10	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div>1.50 0.70</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div>0.70 1.50</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div>3.00 0.70</div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div>6.00</div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div>0.22 0.42</div> <div><div>0.05 0.075</div>tump= lap =</div> <div>31 31</div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								

as 2 - (K-L)									
11	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6						
	<div> <div>6.00</div> </div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div> <div>6.00</div> </div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div> <div>1.50 0.70</div> </div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div> <div>0.70 1.50</div> </div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div> <div>3.00 0.70</div> </div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div> <div>6.00</div> </div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div> <div>0.22</div> <div>0.42</div> <div> <div>0.03</div> <div>0.075</div> </div> </div> <div> <div>tump= 31</div> <div>lap = 31</div> </div> <div> <div>b= 0.30</div> <div>h= 0.50</div> <div>Vol beg= 7.08 m2</div> <div>Vol cor= 0.68 m3</div> </div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
as 2 - (L-M)									
12	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6						
	<div> <div>6.00</div> </div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div> <div>6.00</div> </div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div> <div>1.50 0.70</div> </div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div> <div>0.70 1.50</div> </div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div> <div>3.00 0.70</div> </div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div> <div>6.00</div> </div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div> <div>0.22</div> <div>0.42</div> <div> <div>0.03</div> <div>0.075</div> </div> </div> <div> <div>tump= 31</div> <div>lap = 31</div> </div> <div> <div>b= 0.30</div> <div>h= 0.50</div> <div>Vol beg= 7.08 m2</div> <div>Vol cor= 0.68 m3</div> </div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94



as 2 - (M-N)									
13	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div>1.50 0.70</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div>0.70 1.50</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div>3.00 0.70</div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div>6.00</div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div>0.22 0.42</div> <div><div>0.05 0.075</div>tump= lap =</div> <div>31 31</div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								
as 2 - (N-O)									
14	Balok S1 uk. 30/50 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6 0.6						
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	<div>6.00</div>	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
	<div>1.50 0.70</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan tumpuan kanan								
	<div>0.70 1.50</div>	19	0	2.20	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	tulangan lapangan								
	<div>3.00 0.70</div>	19	0	4.40	-	2.22	0.00	1	0 0.00
	Torsi								
	<div>6.00</div>	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1 0.00
	senggang								
	<div>0.22 0.42</div> <div><div>0.05 0.075</div>tump= lap =</div> <div>31 31</div>	8	62	1.63	101.06	0.39	39.85	1	9 6.94
	b= 0.30 h= 0.50 Vol beg= 7.08 m2 Vol cor= 0.68 m3								

as 2 - (Q-R)									
17	Balok S1 uk. 30/50	KOLOM	0.6	0.6					
Tulangan Utama									
6 D 19		L BALOK	2.500						
0.2755		0.35	2.200						
0.1995		2.200							
tulangan tumpuan kiri									
0.35		0.33	0.7						
0.2755									
tulangan tumpuan kanan									
0.70		0.63							
tulangan lapangan									
1.25		0.70							
Torsi									
2.50									
sengkang									
0.22									
0.42									
		0.05							
		0.075							
		tump=	14						
		lap =	14						
b=		0.30							
h=		0.50							
Vol beg=		2.95	m2						
Vol cor=		0.29	m3						


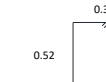
BALOK B1 MEMANJANG

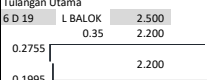


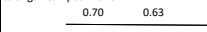
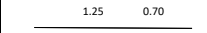
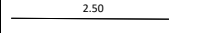


NO.	SKETS		Σ	Σ potong	Panjang	total pjg	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa
MEMANJANG											
as 2 - (A-B)											
1	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 2.500 2.200	0.6 0.6								
	0.2755	2.200		19	4	2.83	11.30	2.22	25.14	1	1 0.70
	0.1995			19	4	2.75	11.00	2.22	24.46	1	1 1.00
	tulangan tumpuan kiri										
	0.35 0.33 0.7			19	2	1.65	3.30	2.22	7.34	1	1 8.70
	0.2755			19	2	1.33	2.65	2.22	5.89	1	1 9.35
	tulangan tumpuan kanan 0.70 0.63										
	tulangan lapangan 1.25 0.70			19	2	2.65	5.30	2.22	11.79	1	1 6.70
	Torsi 2.50			10	2	2.50	5.00	0.62	3.08	1	1 7.00
	senggang 0.32 0.05 0.075	tump= lap =	11 9	8	20	2.03	40.60	0.39	16.01	1	4 7.40
	b= 0.40 h= 0.60 Vol beg= 3.70 m2 Vol cor= 0.48 m3	Ln= 2.5									
as 2 - (B-C)											
2	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 3.50	0.6 0.6								
	3.50			19	4	3.50	14.00	2.22	31.14	1	2 10.00
	3.50			19	4	3.50	14.00	2.22	31.14	1	2 10.00
	tulangan tumpuan kiri 0.88 0.7			19	2	1.58	3.15	2.22	7.01	1	1 8.85
	tulangan tumpuan kanan 0.70 0.9			19	2	1.58	3.15	2.22	7.01	1	1 8.85
	tulangan lapangan 1.75 0.70			19	2	3.15	6.30	2.22	14.01	1	1 5.70
	Torsi 3.50			10	2	3.50	7.00	0.62	4.31	1	1 5.00
	senggang 0.32 0.05 0.075	tump= lap =	15 13	8	28	2.03	56.84	0.39	22.42	1	5 3.16
	b= 0.40 h= 0.60 Vol beg= 5.18 m2 Vol cor= 0.67 m3	Ln= 3.5									

as 2 - (C-D)									
3	Balok B1 uk. 40/60	KOLOM	0.6						
	Tulangan Utama	L BALOK	6.00						
	6 D 19								
			6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39 1 2 0.00
			6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39 1 2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
			1.50 0.70	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79 1 1 7.60
	tulangan tumpuan kanan								
			0.70 1.50	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79 1 1 7.60
	tulangan lapangan								
			3.00 0.70	19	2	4.40	8.80	2.22	19.58 1 1 3.20
	Torsi								
			6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39 1 1 0.00
	senggang								
			0.32	8	46	2.03	93.38	0.39	36.83 1 8 2.62
			0.52						
			0.83						
			0.975						
			tump=	25					
			lap =	21					
	b=	0.40							
	h=	0.60							
	Vol beg=	8.88	m2						
	Vol cor=	1.15	m3						
as 2 - (D-E)									
4	Balok B1 uk. 40/60	KOLOM	0.6						
	Tulangan Utama	L BALOK	6.00						
	6 D 19								
			6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39 1 2 0.00
			6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39 1 2 0.00
	tulangan tumpuan kiri								
			1.50 0.70	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79 1 1 7.60
	tulangan tumpuan kanan								
			0.70 1.50	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79 1 1 7.60
	tulangan lapangan								
			3.00 0.70	19	2	4.40	8.80	2.22	19.58 1 1 3.20
	Torsi								
			6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39 1 1 0.00
	senggang								
			0.32	8	46	2.03	93.38	0.39	36.83 1 8 2.62
			0.52						
			0.83						
			0.975						
			tump=	25					
			lap =	21					
	b=	0.40							
	h=	0.60							
	Vol beg=	8.88	m2						
	Vol cor=	1.15	m3						

	as 2 - (G-H)									
7	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK	0.6 6.00	0.6						
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	tulangan tumpuan kiri									
	1.50 0.70	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1	1	7.60
	tulangan tumpuan kanan									
	0.70 1.50	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1	1	7.60
	tulangan lapangan									
	3.00 0.70	19	2	4.40	8.80	2.22	19.58	1	1	3.20
	Torsi									
	6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1	0.00
	senggang									
	0.32 0.52	8	46	2.03	93.38	0.39	36.83	1	8	2.62
		tump= 25 lap = 21								
	b= 0.40 h= 0.60 Vol beg= 8.88 m2 Vol cor= 1.15 m3	Ln= 6.0								
	as 2 - (H-I)									
8	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK	0.6 6.00	0.6						
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	6.00	19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1	2	0.00
	tulangan tumpuan kiri									
	1.50 0.70	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1	1	7.60
	tulangan tumpuan kanan									
	0.70 1.50	19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1	1	7.60
	tulangan lapangan									
	3.00 0.70	19	2	4.40	8.80	2.22	19.58	1	1	3.20
	Torsi									
	6.00	10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1	1	0.00
	senggang									
	0.32 0.52	8	46	2.03	93.38	0.39	36.83	1	8	2.62
		tump= 25 lap = 21								
	b= 0.40 h= 0.60 Vol beg= 8.88 m2 Vol cor= 1.15 m3	Ln= 6.0								

as 2 - (I-J)					
9	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6		
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">6.00</div>	19	4	6.00	24.00
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">6.00</div>	19	4	6.00	24.00
	tulangan tumpuan kiri				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">1.50 0.70</div>	19	2	2.20	4.40
	tulangan tumpuan kanan				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">0.70 1.50</div>	19	2	2.20	4.40
	tulangan lapangan				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">3.00 0.70</div>	19	2	4.40	8.80
	Torsi				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">6.00</div>	10	2	6.00	12.00
	senggang				
	<div style="text-align: center;"><div style="display: inline-block; width: 100px; height: 100px; border: 1px solid black; position: relative;"><div style="position: absolute; top: 0; left: 0; width: 100%; height: 100%; background: linear-gradient(to bottom right, transparent 49%, #ccc 49% 51%, #ccc 51%);"></div></div><div style="margin-left: 10px;">0.32 <div style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">0.03 0.975</div> tump= 25 lap = 21</div></div>	8	46	2.03	93.38
	b= 0.40 h= 0.60 Vol beg= 8.88 m2 Vol cor= 1.15 m3				
as 2 - (J-K)					
10	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6		
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">6.00</div>	19	4	6.00	24.00
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">6.00</div>	19	4	6.00	24.00
	tulangan tumpuan kiri				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">1.50 0.70</div>	19	2	2.20	4.40
	tulangan tumpuan kanan				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">0.70 1.50</div>	19	2	2.20	4.40
	tulangan lapangan				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">3.00 0.70</div>	19	2	4.40	8.80
	Torsi				
	<div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">6.00</div>	10	2	6.00	12.00
	senggang				
	<div style="text-align: center;"><div style="display: inline-block; width: 100px; height: 100px; border: 1px solid black; position: relative;"><div style="position: absolute; top: 0; left: 0; width: 100%; height: 100%; background: linear-gradient(to bottom right, transparent 49%, #ccc 49% 51%, #ccc 51%);"></div></div><div style="margin-left: 10px;">0.32 <div style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">0.03 0.975</div> tump= 25 lap = 21</div></div>	8	46	2.03	93.38
	b= 0.40 h= 0.60 Vol beg= 8.88 m2 Vol cor= 1.15 m3				

as 2 - (M-N)									
13	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6						
			19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1
			19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1
	tulangan tumpuan kiri		19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1
	tulangan tumpuan kanan		19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1
	tulangan lapangan		19	2	4.40	8.80	2.22	19.58	1
	Torsi		10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1
	senggang		8	46	2.03	93.38	0.39	36.83	1
as 2 - (N-O)									
14	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK 6.00	0.6						
			19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1
			19	4	6.00	24.00	2.22	53.39	1
	tulangan tumpuan kiri		19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1
	tulangan tumpuan kanan		19	2	2.20	4.40	2.22	9.79	1
	tulangan lapangan		19	2	4.40	8.80	2.22	19.58	1
	Torsi		10	2	6.00	12.00	0.62	7.39	1
	senggang		8	46	2.03	93.38	0.39	36.83	1

as 2 - (A-B)									
17	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM	0.6	0.6					
			19	4	2.83	11.30	2.22	25.14	1 1 0.70
			19	4	2.75	11.00	2.22	24.46	1 1 1.00
	tulangan tumpuan kiri								
			19	2	1.65	3.30	2.22	7.34	1 1 8.70
	tulangan tumpuan kanan								
			19	2	1.33	2.65	2.22	5.89	1 1 9.35
	tulangan lapangan								
			19	2	2.65	5.30	2.22	11.79	1 1 6.70
	Torsi								
			10	2	2.50	5.00	0.62	3.08	1 1 7.00
	sengkang								
			8	20	2.03	40.60	0.39	16.01	1 4 7.40
									
	b= 0.40 h= 0.60 Vol beg= 3.70 m2 Vol cor= 0.48 m3								
	Ln= 2.5								
	tump= 11 lap = 9								

KOLOM K1 MEMANJANG

NO.	SKETS	s	Σ potong	Panjang	total pjlg	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa	
HORIZONTAL											
	Lantai Dasar kolom uk. 60/60 12 D 19		19	12	4.47	53.64	2.22	119.32	1	5	6.36
	senggang		8	32	2.20	70.40	0.39	27.76	1	6	1.00
	b= 0.60 h= 0.60 Vol beg= 7.51 m2 Vol cor= 1.61 m3		16	16							
	Lantai 2										
	kolom uk. 60/60 12 D 19		19	12	3.50	42.00	2.22	93.43	1	4	6.00
	sambungan		19	12	0.60	7.20	2.22	16.02	1	1	4.80
	senggang		8	26	2.42	62.92	0.39	24.81	1	6	9.08
	b= 0.60 h= 0.60 Vol beg= 5.88 m2 Vol cor= 1.26 m3		13	13							
	Lantai 3										
	kolom uk. 60/60 12 D 19		19	12	3.50	42.00	2.22	93.43	1	4	6.00
	sambungan		19	12	0.60	7.20	2.22	16.02	1	1	4.80
	senggang		8	26	2.20	57.20	0.39	22.56	1	5	2.80
	b= 0.60 h= 0.60 Vol beg= 5.88 m2 Vol cor= 1.26 m3		13	13							

[illegible]

SLOOF S1 MELINTANG

NO.	SKETS	Σ	potong	Panjang	total pjg	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa
MEMANJANG										
1	<p>as 2 - (A-B)</p> <p>Balok S1 uk. 30/50 KOLOM 0.6 0.6</p> <p>Tulangan Utama</p> <p>4 D 19 L BALOK 4.000</p> <p>0.35 3.700</p> <p>0.2755</p> <p>0.1995</p> <p>tulangan tumpuan kiri</p> <p>0.35 0.70 0.7</p> <p>0.2755</p> <p>tulangan tumpuan kanan</p> <p>0.70 1.00</p> <p>tulangan lapangan</p> <p>2.00 0.70</p> <p>Torsi</p> <p>4.00</p> <p>senggang</p> <p>0.22</p> <p>0.05</p> <p>0.075</p> <p>tump= 21</p> <p>lap = 21</p> <p>b= 0.30 Ln= 4.0</p> <p>h= 0.50</p> <p>Vol beg= 4.72 m2</p> <p>Vol cor= 0.46 m3</p>	19	4	4.33	17.30	2.22	38.49	1	2	6.70
		19	4	4.25	17.00	2.22	37.81	1	2	7.00
		19	0	2.03	-	2.22	0.00	1	0	0.00
		19	0	1.70	-	2.22	0.00	1	0	0.00
		19	0	3.40	-	2.22	0.00	1	0	0.00
		10	2	4.00	8.00	0.62	4.93	1	1	4.00
		8	42	1.63	68.46	0.39	27.00	1	6	3.54
2	<p>as 2 - (B-C)</p> <p>Balok S1 uk. 30/50 KOLOM 0.6 0.6</p> <p>Tulangan Utama</p> <p>6 D 19 L BALOK 3.50</p> <p>3.50</p> <p>3.50</p> <p>tulangan tumpuan kiri</p> <p>0.88 0.7</p> <p>tulangan tumpuan kanan</p> <p>0.70 0.9</p> <p>tulangan lapangan</p> <p>1.75 0.70</p> <p>Torsi</p> <p>3.50</p> <p>senggang</p> <p>0.22</p> <p>0.05</p> <p>0.075</p> <p>tump= 19</p> <p>lap = 19</p> <p>b= 0.30 Ln= 3.5</p> <p>h= 0.50</p> <p>Vol beg= 4.13 m2</p> <p>Vol cor= 0.40 m3</p>	19	4	3.50	14.00	2.22	31.14	1	2	10.00
		19	4	3.50	14.00	2.22	31.14	1	2	10.00
		19	0	1.58	-	2.22	0.00	1	0	0.00
		19	0	1.58	-	2.22	0.00	1	0	0.00
		19	0	3.15	-	2.22	0.00	1	0	0.00
		10	2	3.50	7.00	0.62	4.31	1	1	5.00
		8	38	1.63	61.94	0.39	24.43	1	6	10.06

SLOOF S2 MELINTANG

[illegible]

BALOK B1 MELINTANG









NO.	SKETS			Σ	Σ potong	Panjang	total pig	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa	
MEMANJANG													
as 2 - (A-B)													
1	Balok B1 uk. 40/60	KOLOM	0.6	0.6									
	Tulangan Utama												
	6 D 19	L BALOK	4.000		19	4	4.33	17.30	2.22	38.49	1	2 6.70	
			0.35	3.700									
	0.2755				19	4	4.25	17.00	2.22	37.81	1	2 7.00	
	0.1995												
	tulangan tumpuan kiri												
			0.35	0.70	0.7	19	2	2.03	4.05	2.22	9.01	1	1 7.95
	0.2755												
	tulangan tumpuan kanan				19	2	1.70	3.40	2.22	7.56	1	1 8.60	
		0.70	1.00										
tulangan lapangan													
		2.00	0.70		19	2	3.40	6.80	2.22	15.13	1	1 5.20	
Torsi													
		4.00			10	2	4.00	8.00	0.62	4.93	1	1 4.00	
senggang													
			0.32		8	42	2.03	85.26	0.39	33.62	1	8 10.74	
		0.52											

as 2 - (A-B)									
3	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK	0.6 3.500 3.200	0.6					
	0.2755		3.700		19	4	3.83	15.30	2.22
	0.1995				19	4	4.25	17.00	2.22
	tulangan tumpuan kiri								
	0.35	0.70	0.7		19	0	2.03	-	2.22
	0.2755				19	0	1.70	-	2.22
	tulangan tumpuan kanan								
	0.70	1.00							
	tulangan lapangan								
	2.00	0.70			19	0	3.40	-	2.22
	Torsi								
	3.50				10	2	3.50	7.00	0.62
	sengkang								
	0.32				8	38	2.03	77.14	0.39
	0.52								
	tump=				19				
	lap =				19				
	b=	0.40		Ln=	3.5				
	h=	0.60							
	Vol beg=	5.18	m2						
	Vol cor=	0.67	m3						
as 2 - (B-C)									
4	Balok B1 uk. 40/60 Tulangan Utama 6 D 19	KOLOM L BALOK	0.6 3.50 3.50	0.6					
	3.50				19	4	3.50	14.00	2.22
	3.50				19	4	3.50	14.00	2.22
	tulangan tumpuan kiri								
	0.88	0.7			19	0	1.58	-	2.22
	tulangan tumpuan kanan								
	0.70	0.9			19	0	1.58	-	2.22
	tulangan lapangan								
	1.75	0.70			19	0	3.15	-	2.22
	Torsi								
	3.50				10	2	3.50	7.00	0.62
	sengkang								
	0.32				8	38	2.03	77.14	0.39
	0.52								
	tump=				19				
	lap =				19				
	b=	0.40		Ln=	3.5				
	h=	0.60							
	Vol beg=	5.18	m2						
	Vol cor=	0.67	m3						

BALOK B2 MELINTANG

NO.	SKETS			☐	X potong	Panjang	total pig	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa
MEMANJANG												
as 2 - (A-B)												
1	Balok B2 uk. 25/40 Tulangan Utama	KOLOM	0.6	0.5								
	4 D 19 L BALOK 2.000				16	4	2.28	9.13	1.58	14.40	1	2.87
	0.35 1.700				16	4	2.22	8.87	1.58	14.00	1	3.13
	0.232 1.700				16	4	2.22	8.87	1.58	14.00	1	3.13
	0.168											
	tulangan tumpuan kiri											
	0.30 0.20 0.7				16	1	1.43	1.43	1.58	2.26	1	10.57
	0.232											
	tulangan tumpuan kanan				16	1	1.20	1.20	1.58	1.89	1	10.80
	0.70 0.50											
	tulangan lapangan											
	1.00 0.70				16	1	2.40	2.40	1.58	3.79	1	9.60
	Torsi											
	2.00				10	2	2.00	4.00	0.62	2.46	1	8.00
	senggang											
	0.22				8	22	1.63	35.86	0.39	14.14	1	0.14
	0.42											
	b= 0.30	Ln= 2.0										
	h= 0.50											
	Vol beg= 2.36 m2											
	Vol cor= 0.23 m3											

KOLOM K1 MELINTANG

NO.	SKETS	φ	Σ potong	Panjang	total pjlj	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa
HORIZONTAL										
	Lantai Dasar									
	kolom uk. 60/60 12 D 19									
		19	12	4.47	53.64	2.22	119.32	1	5	6.36
	senggang									
		8	32	2.20	70.40	0.39	27.76	1	6	1.60
	b= 0.60 h= 0.60 Vol beg= 7.51 m2 Vol cor= 1.61 m3	Ln= 4.47								
	Lantai 2									
	kolom uk. 60/60 12 D 19									
		19	12	3.50	42.00	2.22	93.43	1	4	6.00
	sambungan									
		19	12	0.60	7.20	2.22	16.02	1	1	4.80
	senggang									
		8	26	2.42	62.92	0.39	24.81	1	6	9.08
	b= 0.60 h= 0.60 Vol beg= 5.88 m2 Vol cor= 1.26 m3	Ln= 3.50								
	Lantai 3									
	kolom uk. 60/60 12 D 19									
		19	12	3.50	42.00	2.22	93.43	1	4	6.00
	sambungan									
		19	12	0.60	7.20	2.22	16.02	1	1	4.80
	senggang									
		8	26	2.20	57.20	0.39	22.56	1	5	2.80
	b= 0.60 h= 0.60 Vol beg= 5.88 m2 Vol cor= 1.26 m3	Ln= 3.50								

KOLOM K2 MELINTANG

NO.	SKETS	s	Σ potong	Panjang	total plg	Berat/m	total berat	Qty	Jumlah lonjor	Sisa
	HORIZONTAL									
	Lantai Dasar kolom uk. 40/40 8 D 19 	19	8	2.62	20.96	2.22	46.63	1	2	3.04
	sengkang 	8	20	1.40	28.00	0.39	11.04	1	3	8.00
	tumpu- lap = 10 10 b= 0.40 h= 0.40 Vol beg= 2.83 m2 Vol cor= 0.42 m3 Ln= 2.62	10	10							
	Lantai 2									
	kolom uk. 40/40 8 D 19 	19	8	3.60	28.80	2.22	64.07	1	3	7.20
	sambungan 	19	8	0.60	4.80	2.22	10.68	1	1	7.20
	sengkang 	8	26	1.62	42.12	0.39	16.61	1	4	5.88
	tumpu- lap = 13 13 b= 0.40 h= 0.40 Vol beg= 3.89 m2 Vol cor= 0.58 m3 Ln= 3.60	13	13							
	Lantai 3									
	kolom uk. 40/40 8 D 19 	19	8	3.50	28.00	2.22	62.29	1	3	8.00
	sambungan 	19	8	0.60	4.80	2.22	10.68	1	1	7.20
	sengkang 	8	26	1.40	36.40	0.39	14.35	1	4	11.60
	tumpu- lap = 13 13 b= 0.40 h= 0.40 Vol beg= 3.78 m2 Vol cor= 0.56 m3 Ln= 3.50	13	13							

SLOOF S1 MEMANJANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal memanjang as 2				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
19	64	43.40	61	1629.43	19	61	61	1629.43	
8	137	115.06	128	606.72	8	128	128	606.72	
10	17	24.00	15	111.06	10	15	15	111.06	
BALOK B1 MEMANJANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal memanjang as 2				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
19	115	378.90	84	2243.81	19	84	420	11219.04	
8	122	55.18	118	559.32	8	118	590	2796.60	
10	17	24	15	111.06	10	15	75	555.30	
KOLOM K1 MEMANJANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal memanjang as 2				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
19	25	46.39	22	787.78	19	22	396	10577.95	
8	27	19.08	26	192.504	8	26	468	2218.32	
SLOOF S2 MELINTANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal melintang as J				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
19	8	33.70	6	160.27	19	6	6	160.27	
8	12	13.60	11	52.14	8	11	11	52.14	
10	2	9	2	14.81	10	2	2	14.808	
SLOOF S2 MELINTANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal melintang as J				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
16	2	10.50	2	53.42	16	2	2	37.87	
8	3	0.14	3	14.22	8	3	3	14.22	
10	0	0	0	0	10	0	0	0	
BALOK B1 MELINTANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal melintang as J				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
19	11	55.45	7	186.98	19	7	35	934.92	
8	15	17.60	14	66.36	8	14	70	331.80	
10	2	9	2	14.81	10	2	10	74.04	
BALOK B2 MELINTANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal melintang as J				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
16	5	36.97	2	53.42	16	2	8	151.488	
8	3	0.14	3	14.22	8	3	12	56.88	
10	1	8	1	7.404	10	1	4	29.62	
KOLOM K1 MELINTANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal melintang as J				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
19	25	46.39	22	787.78	19	22	110	2938.32	
8	27	19.08	26	192.50	8	26	130	616.20	
KOLOM K2 MELINTANG									
Total kebutuhan lonjir 1 lantai					Total kebutuhan lonjir semua lantai dalam satu portal melintang as J				
Diameter	total lonjor (bh)	total sisa (m')	total lonjor (bersih)	berat (kg)	Diameter	total lonjor (bersih)	Total lonjor satu portal	berat (kg)	
19	19	58.93	15	400.68	19	15	15	400.68	
8	20	43.88	17	80.58	8	17	17	80.58	

REKAP RASIO KUBIKASI PER LANTAI

SLOOF S1 MEMANJANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	2347.212	228.773
TOTAL VOLUME COR (m3)	10.260	
BALOK B1 MEMANJANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	14570.940	168.645
TOTAL VOLUME COR (m3)	86.400	
KOLOM K1 MEMANJANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	12796.272	106.916
TOTAL VOLUME COR (m3)	119.686	
SLOOF S1 MELINTANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	227.220	137.459
TOTAL VOLUME COR (m3)	1.653	
SLOOF S2 MELINTANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	52.092	228.474
TOTAL VOLUME COR (m3)	0.228	
BALOK B1 MELINTANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	1340.760	96.319
TOTAL VOLUME COR (m3)	13.920	
BALOK B2 MELINTANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	237.984	260.947
TOTAL VOLUME COR (m3)	0.912	
KOLOM K1 MELINTANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	3554.520	106.916
TOTAL VOLUME COR (m3)	33.246	
KOLOM K2 MELINTANG		
		RASIO
TOTAL PEMBESIAN (kg)	481.260	162.852
TOTAL VOLUME COR (m3)	2.955	
RASIO KUBIKASI PORTAL MEMANJANG		
168.1113 kg/m3		
RASIO KUBIKASI PORTAL MELINTANG		
165.4945 kg/m3		

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 23 bulan Maret tahun 1996 dan merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara. Penulis bernama lengkap Camilla Sarah Naraputri ini merupakan lulusan dari SD Khadijah 3 Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, SMA Negeri 2 Surabaya. Selain itu, penulis juga pernah aktif di kegiatan kemahasiswaan selama tiga tahun di Program Studi Diploma III

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS dengan NRP 3114030097. Penulis mengambil jurusan Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kepanitiaan dan kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas maupun Institut, serta aktif mengikuti organisasi yang ada di ITS, diantaranya menjadi staf departemen Big Event HMDS Diploma Teknik Sipil FTSP ITS 2014-2015 dan pernah menjabat sebagai bendahara umum D'Village 6th Edition. Penulis dalam waktu luangnya diisi dengan membaca novel dan bermain The Sims 4.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 07 bulan Febuari tahun 1996 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Claudia Trangkartika ini merupakan lulusan dari SD, SMP, dan SMA Yos Sudarso Karawang. Selain itu, penulis juga pernah aktif dikegiatan kemahasiswaan selama tiga tahun di Program Studi Diploma III Fakultas Teknik

Sipil dan Perencanaan ITS dengan NRP 3114030106. Penulis mengambil jurusan Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kepanitiaan dan kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas maupun Institut, serta aktif mengikuti organisasi yang ada di ITS, diantaranya menjadi staf departemen sosial masyarakat HMDS Diploma Teknik Sipil FTSP ITS 2014-2015, dan juga anggota UKM badminton 2014. Penulis dalam waktu luangnya diisi dengan kegiatan mengoleksi kumpulan novel dan komik.